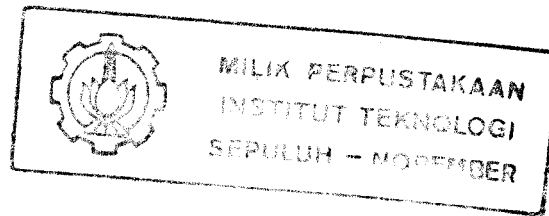


3100098010476

TUGAS AKHIR

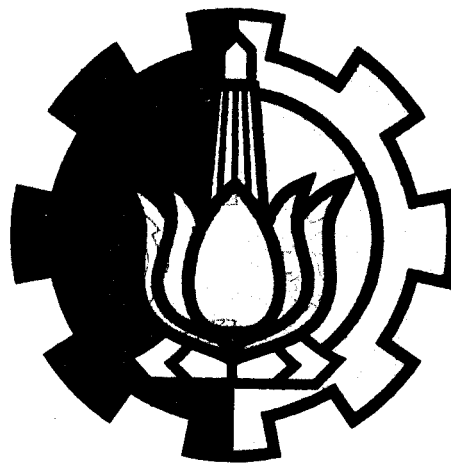
Subjek **ME 4704**

- Submerged Arc Welding



ANALISA PERBANDINGAN BENTUK ALUR I DAN ALUR V-60 PENGELASAN SAW UNTUK PELAT SS 41 DENGAN KETEBALAN 12 MM DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK

RSM
671.8212
Wid
a-1
1998



23 Feb 98
H
8096

DISUSUN OLEH ;

MUHAMMAD YUSUF WIDYAJAYA

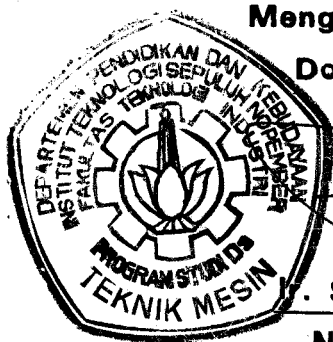
NRP. 2194 030 056

PROGRAM STUDI D III JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
1998

**ANALISA PERBANDINGAN
BENTUK ALUR I DAN ALUR V-60 PENGELASAN SAW
UNTUK PELAT SS 41 DENGAN KETEBALAN 12 MM
DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Studi Program Diploma III
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**



Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing

***[Signature]*
H. Suharyanto, M.Sc**

Nip. 131 843 374

S U R A B A Y A

JANUARI 1998

ABSTRAKSI

Submerged Arc Welding (SAW) merupakan proses penyambungan logam dengan menggunakan panas yang ditimbulkan oleh busur listrik antara kawat las dengan logam yang akan disambung, dimana busur las yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung dilindungi oleh serbuk fluks.

Pada pengelasan pelat SS 41 (JIS G3101) yang mempunyai ketebalan 12 mm dengan proses SAW, dijumpai adanya perbedaan penggunaan bentuk alur yaitu alur I dan alur V-60. Untuk itu akan dilakukan suatu analisa terhadap hasil lasan masing-masing bentuk alur bila ditinjau dari sifat mekanik.

Penelitian ini menggunakan material baja karbon rendah SS 41 dengan ketebalan 12 mm. Dengan proses SAW dan parameter pengelasan untuk masing-masing bentuk alur (alur I dan alur V-60) adalah sama..

Pengujian mekanik yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji tarik dan uji Impact.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa hasil pengelasan dengan menggunakan bentuk alur I memiliki yield strength : 35,27 kg/mm², tensile strength : 48,93 kg/mm², energi : 13,55 kgm, dan nilai pukul takik : 15,27 kg/cm², dimana hasil ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan menggunakan bentuk alur V-60.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya yang diberikan kepada hamba-Nya, karena penyusun telah dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “ **ANALISA PERBANDINGAN BENTUK ALUR I DAN ALUR V-60 PENGELASAN SAW UNTUK PELAT SS 41 DENGAN KETEBALAN 12 MM DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK**”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan kuliah di Diploma III sesuai dengan kurikulum Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri - ITS Surabaya.

Pada kesempatan yang baik ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu tersusunnya Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Ir. Soeharto, DEA, beliau selaku Kepala Program Studi Diploma III Teknik Mesin FTI - ITS.
2. Bapak Ir. Eddy Widiono, MSc, beliau selaku Koordinator Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Suharyanto, MSc, beliau selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Nur Said, selaku Staf Diklat – PT. PAL Indonesia, dan karyawan PT. PAL bagian SAW.
5. Kedua orang tua saya, saudaraku Mas Budi dan Mba' Iin, de' Fitrian, yang telah memberikan dukungan moril maupun spirituil.
6. Rekan-rekan mahasiswa angkatan '94 Program Studi Diploma III Jurusan

Teknik Mesin FTI – ITS, khususnya H. Ricky , A.Md , Dwi Kapitanto, Tri Muljanto, Yoyok, QZ. Mubarak,dan Khuwarizmi serta seluruh angkatan '95.

Selanjutnya penyusun sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir di masa datang, dikarenakan penyusun tidak lepas dari kesalahan dan kekeliruan.

Akhir kata penyusun mengharapkan semoga Tugas Akhir ini berguna bagi pembaca pada umumnya serta penyusun khususnya.

Surabaya, Januari 1998

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstraksi	
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Tinjauan Umum	1
1.2. Latar Belakang Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Metodologi	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
 BAB II DASAR TEORI	 6
2.1. Sub-merged Arc Welding (SAW)	6
2.1.1. Prinsip Kerja	7
2.1.2. Peralatan SAW	9
2.1.3. Parameter Pengelasan	9
2.1.3.1. Jenis Kawat Las	9
2.1.3.2. Jenis Fluks	11
2.1.3.3. Tegangan Pengelasan	12
2.1.3.4. Arus Pengelasan	13
2.1.3.5. Kecepatan Pengelasan	13
2.2. Metode Pengujian Tarik	13
2.2.1. Sifat Mekanik di Daerah Elastis	17

2.2.2. Sifat Mekanik di Daerah Plastis	20
2.2.3. Diagram Tegangan – Regangan Sebenarnya	23
2.3. Metode Pengujian Impact	25
 BAB III METODOLOGI PERCOBAAN	 30
3.1. Persiapan Spesimen	30
3.2. Dimensi Spesimen	30
3.3. Persiapan Pengelasan	32
3.3.1. Tempat Pelaksanaan	32
3.3.2. Mesin Las	32
3.3.3. Pemilihan Kawat Las	32
3.3.4. Pemilihan Jenis Fluks	33
3.4. Penentuan Harga Parameter Pengelasan.....	33
3.5. Langkah Pengelasan	34
3.6. Pengujian Tarik	35
3.6.1. Tujuan Pengujian	35
3.6.2. Pelaksanaan Pengujian	35
3.6.2.1. Spesimen	35
3.6.2.2. Mesin Uji Tarik	36
3.6.2.3. Langkah Pengujian	37
3.7. Pengujian Pukul Takik	37
3.7.1. Tujuan Pengujian	37
3.7.2. Pelaksanaan Pengujian	37
3.7.2.1. Spesimen	37
3.7.2.2. Mesin Uji Impact	38
3.7.2.3. Langkah Pengujian	39
3.8. Diagram Alir Proses Pengelasan	40
3.9. Diagram Alir Proses Pengujian	41
 BAB IV HASIL PENGUJIAN	 42
4.1. Hasil Pengujian Tarik	42

4.2. Hasil Pengujian Pukul Takik (Impact)	45
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	48
5.1. Analisa Hasil Uji Tarik	48
5.2. Analisa Hasil Uji Impact	49
BAB VI KESIMPULAN	50
PENUTUP	51
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Skema Pengelasan Busur Rendam	6
Gambar 2. 2. Mesin Las Busur Rendam	9
Gambar 2. 3. Pengaruh dari tegangan busur pada bentuk manik las	12
Gambar 2. 4. Bentuk spesimen uji tarik	14
Gambar 2. 5. Stress – Strain Diagram untuk logam ulet	16
Gambar 2. 6. Penentuan yield dengan offset method	18
Gambar 2. 7. Penentuan regangan plastis setelah patah	21
Gambar 2. 8. True stress-strain and conventional stress-strain diagram Untuk Mild steel	24
Gambar 2. 9. Metode uji dengan prinsip Izod dan Charpy	26
Gambar 2.10. Gambar skema mesin uji Impact	26
Gambar 2.11. Kalkulasi energi patahan dari uji Impact	27
Gambar 2.12. Bentuk spesimen uji Impact	28
Gambar 3. 1. Dimensi spesimen untuk alur V	31
Gambar 3. 2. Dimensi spesimen untuk alur I	31
Gambar 3. 3. Dimensi test piece uji tarik	35
Gambar 3. 4. Mesin uji tarik	36
Gambar 3. 5. Dimensi test piece	38
Gambar 3. 6. Mesin uji Impact	38
Gambar 4. 1. Grafik perbandingan tensile strength antara bentuk alur I dan alur V-60	43
Gambar 4. 2. Grafik perbandingan yield strength antara bentuk alur I dan alur V-60	44
Gambar 4. 3. Grafik perbandingan elongation antara bentuk alur I dan alur V-60	44
Gambar 4. 4. Grafik perbandingan nilai Impact antara bentuk alur I dengan alur V-60	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Kawat Las Busur Rendam (AWS A5.17 – 1976)	10
Tabel 2.2. Hubungan antara diameter kawat las dengan besar arus	11
Tabel 3.1. Parameter pengelasan untuk bentuk alur I	33
Tabel 3.2. Parameter pengelasan untuk bentuk alur V-60	34
Tabel 4.1. Tensile Strength	42
Tabel 4.2. Yield Strength	43
Tabel 4.3. Elongation	43
Tabel 4.4. Hasil uji Impact bentuk alur I	45
Tabel 4.5. Hasil uji Impact bentuk alur V-60	46
Tabel 4.6. Nilai Pukul Takik Bentuk alur I dan alur V-60	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Tinjauan Umum

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dicapai saat ini umumnya merupakan pengembangan dari ilmu pengetahuan dan teknologi pada masa sebelumnya. Demikian juga halnya dengan teknologi pengelasan, dimana pada awalnya hanya merupakan teknik penyambungan logam yang begitu sederhana yaitu dari pematrian hingga menjadi suatu teknik penyambungan logam yang lebih canggih.

Pada dasarnya pengelasan merupakan proses penyambungan dua logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Pengelasan dilakukan tidak hanya sekedar menyambung dua buah logam, akan tetapi kualitas dan hasilnya perlu diperhatikan.

Teknologi pengelasan saat ini telah dipergunakan secara luas pada semua bidang industri baik dibidang pembangunan maupun dibidang reparasi. Bila diperhatikan sekeliling kita, maka semua yang terbuat dari logam kebanyakan menggunakan proses pengelasan, seperti misalnya kapal, jembatan, bejana tekan, bangunan-bangunan gedung bertingkat serta masih banyak lagi.

Dalam prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya didalam teknik pengelasan banyak sekali masalah-masalah yang harus diatasi, dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan yang ada kaitannya dengan pengelasan. Oleh karena itu dalam perancangan konstruksi

bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan juga cara pengelasan, bahan yang akan dilas, jenis kawat las yang digunakan, bentuk alur, tipe sambungan, jenis fluks yang digunakan dan parameter lainnya yang digunakan sesuai dengan fungsi konstruksi las tersebut.

1.2. Latar Belakang Permasalahan

Berkembang pesatnya ilmu pengetahuan dan teknologi, telah mendorong pula kemajuan dalam proses pembuatan peralatan, dimana salah satu pekerjaannya seringkali memerlukan proses pengelasan.

Dalam perkembangannya sudah banyak ditemukan cara-cara pengelasan. Salah satunya adalah proses SAW (Sub-merged Arc Welding) yang merupakan suatu cara pengelasan dimana logam cair ditutup atau dilindungi dengan fluks yang diatur melalui suatu penampung fluks (hopper) dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus menerus.

Pada proses SAW, ketebalan pelat dan bentuk alur merupakan sebagian dari faktor yang mempengaruhi kualitas hasil lasan. Bentuk alur yang digunakan harus disesuaikan dengan ketebalan pelat. Akan tetapi di lapangan kadang-kadang terdapat perbedaan dalam pelaksanaannya. Seperti misalnya pengelasan pada pelat baja karbon rendah SS 41 dengan ketebalan 12 mm, telah distandarkan ESAB maupun BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) menggunakan bentuk alur - I, tetapi di lapangan untuk ketebalan 12 mm digunakan bentuk alur - V-60. Dari sinilah penulis ingin menganalisa perbandingan penggunaan bentuk

alur – I dan alur – V-60 terhadap hasil pengelasan pelat baja karbon rendah SS 41 dengan ketebalan 12 mm pada proses SAW bila ditinjau dari sifat mekaniknya.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini pembatasan masalah dipergunakan untuk mempermudah penganalisaan dan pembahasan masalah-masalah yang terjadi.

Batasan-batasan masalah itu antara lain :

1. Proses SAW
2. Kawat las yang digunakan ESAB 12.10 : (EL 12), diameter 5 mm
3. Fluks yang digunakan OK Flux 10.40
4. Material yang dilas berupa pelat baja karbon rendah SS 41 (JIS G3101) dengan tebal 12 mm
5. Bentuk alur yang digunakan adalah alur – I dan alur – V-60
6. Pengujian mekanik yang dibahas adalah : - uji Tarik
- uji Impact

1.4. Tujuan

Tujuan didalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil analisa dan evaluasi secara teknik terhadap hasil lasan pelat baja karbon rendah SS 41 melalui perbandingan bentuk alur – I dan alur – V-60 menggunakan proses SAW, bila ditinjau dari hasil pengujian mekanik, yaitu uji tarik dan uji impact.

1.5. Metodologi

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- Studi Lapangan
- Studi Pustaka / Literatur
- Pengelasan material
- Pengujian material
- Analisa hasil pengujian

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini sistematika penulisannya adalah sebagai berikut :

▪ BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi mengenai tinjauan umum, latar belakang permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi penyelesaian masalah, sistematika penulisan.

▪ BAB II : DASAR TEORI

Dalam bab ini dibahas mengenai Submerged Arc Welding, metode pengujian tarik, metode pengujian Impact.

▪ BAB III : METODOLOGI PERCOBAAN

Dalam bab ini dibahas mengenai persiapan spesimen, dimensi spesimen, persiapan pengelasan, pelaksanaan pengelasan, pengujian tarik, pengujian pukul takik (Impact), diagram alir proses pengelasan, diagram alir proses pengujian.

▪ BAB IV : HASIL PENGUJIAN

Dalam bab ini berisi mengenai hasil pengujian tarik, hasil pengujian Impact.

▪ BAB V : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi mengenai pembahasan hasil pengujian tarik dan hasil pengujian Impact.

▪ BAB VI : KESIMPULAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisa pengujian tarik dan pengujian Impact.

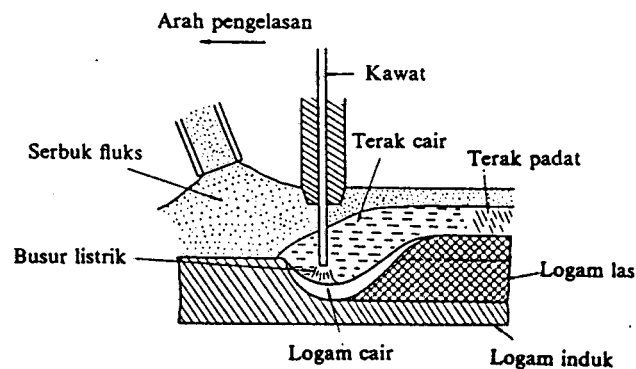
BAB II

DASAR TEORI

Dalam bab ini akan dibahas secara umum tentang las busur rendam (SAW), metode pengujian tarik, dan metode pengujian impact.

2.1. Submerged Arc Welding (SAW)

SAW merupakan proses penyambungan logam dengan menggunakan panas yang ditimbulkan oleh busur listrik antara kawat las dengan logam yang akan disambung, dimana busur las yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung dilindungi oleh serbuk fluks. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini



Gb. 2.1. Skema Pengelasan Busur Rendam ¹⁾

Melihat keadaan peralatan dan proses yang dilaksanakan, kemampuan pelaksanaan dengan cara ini adalah terbatas, hanya untuk pengelasan dengan

posisi datar dan penyambungan horizontal dan fillet datar saja, hal ini mengingat logam cair yang terjadi pada proses ini adalah sangat cair dan slag yang terjadi juga terlalu cair sehingga mudah keluar dari tempat penyambungan bila bukan pada posisi datar.

SAW direncanakan dengan tujuan untuk menaikkan nilai deposit metal dengan melindungi busur las dan logam cair dari kontaminasi unsur yang ada di udara, serta digunakan secara luas untuk penyambungan dengan las pada pelat-pelat tebal.

Beberapa faktor keuntungan dengan teknologi pengelasan ini :

1. Kualitas pengelasan yang baik, karena waktu proses berlangsung cairan logam dilindungi oleh fluks
2. Bentuk dan hasil las-lasan cukup baik dan halus
3. Asap yang timbul hampir tidak ada
4. Tidak ada kilatan-kilatan busur yang membahayakan
5. Prosesnya otomatis, karena itu lebih mudah dalam pelaksanaannya
6. Tidak diperlukan skill yang tinggi untuk menjadi operator

2.1.1. Prinsip Kerja

Prinsip terjadinya pengelasan dengan cara ini dimulai dari timbulnya busur las yang diakibatkan dari loncatan listrik antara elektroda dengan base metal, kemudian elektroda meleleh dan terbawa oleh arus listrik ke base metal, secara terus menerus.

Selama proses berlangsung, logam cair dilindungi oleh serbuk fluks, yang berfungsi sebagai penutup pori-pori dan zat penutup dari kontaminasi unsur yang ada di udara. Dengan fluks yang mempunyai berat lebih ringan dari deposit metal maka fluks mengapung ke atas, yang kemudian berfungsi untuk meredam busur yang terjadi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 di depan.

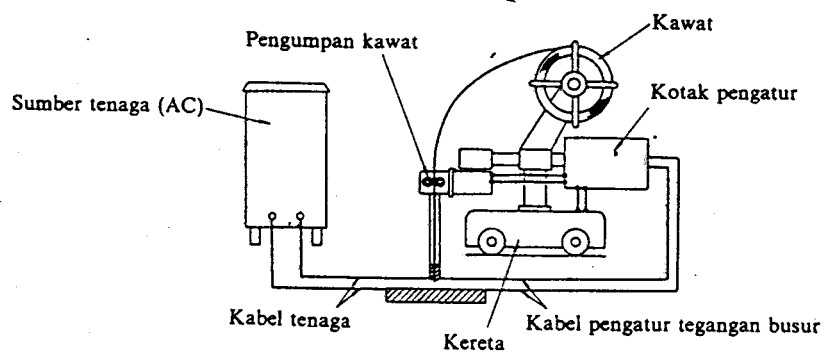
Untuk memudahkan bergerak maju dengan perangkat peralatan yang cukup berat, maka peralatan ini disangga oleh kereta, sedangkan mengenai arah pengelasannya dibantu oleh rel yang dipersiapkan di samping jalur kampuh las. Sumber tenaga listrik yang lebih populer digunakan pada proses SAW adalah memakai transformer rectifier. Kuat arus yang dibutuhkan untuk proses SAW berkisar antara 100 Ampere sampai dengan 1500 Ampere. Proses SAW bisa digunakan untuk arus listrik AC maupun DC. Dengan arus listrik DC pelaksanaan pengerjaan yang bisa dilakukan hanya dengan busur tunggal, serta memakai polaritas arus searah / Direct Current Electrode Positive (DCEP) atau sebaliknya Direct Current Electrode Negative (DCEN). Yang banyak dipakai adalah arus DC dengan karakteristik arus constant voltage.

Pengelasan dengan mesin tersebut cocok untuk elektroda yang berdiameter 3,2 mm atau lebih kecil lagi. Pengelasan logam dengan SAW yang memakai kawat elektroda berukuran lebih besar dari 4 mm dilaksanakan dengan mesin las yang mengeluarkan arus listrik berkarakteristik constant current.

Demikian juga halnya dengan arus listrik AC, arus listrik yang dikeluarkan bisa berkarakter constant voltage (CV) atau constant current (CC).

2.1.2. Peralatan SAW

Peralatan yang diperlukan untuk pengelasan SAW ini terdiri dari mesin las, sistem pengontrol yang dijadikan satu dalam control box, elektroda atau kawat pengumpan dalam bentuk gulungan, welding torch dan sistem kabel-kabelnya/kawat penghantar listrik untuk proses pengelasannya. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini



Gb. 2.2. Mesin Las Busur Rendam ¹⁾

2.1.3. Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan yang digunakan pada proses SAW dalam hal ini meliputi jenis kawat las, jenis fluks, tegangan pengelasan, arus pengelasan dan kecepatan pengelasan.

2.1.3.1. Jenis Kawat Las

Kawat-kawat las yang digunakan untuk proses SAW mempunyai komposisi kimia yang berbeda-beda, tergantung penggunaannya. Komposisi kimia dari beberapa kawat las yang distandarkan berdasarkan pada AWS ditabelkan dalam Tabel 2.1.

1) Referensi 2 hal. 31

Tabel 2.1. Spesifikasi Kawat Las Busur Rendam (AWS A 5.17 – 1976) ¹⁾

Klasifikasi	Komposisi Kimia Kawat Las (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Lainnya
EL 8	≤ 0,10	≤ 0,05	0,30 – 0,55	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EL 8K	≤ 0,10	0,10 – 0,20	0,30 – 0,55	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EL 12	0,07 – 0,15	≤ 0,05	0,35 – 0,60	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EM 5K ¹⁾	≤ 0,06	0,40 – 0,70	0,90 – 1,40	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EM 12	0,07 – 0,15	≤ 0,05	0,85 – 1,25	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EM 12K	0,07 – 0,15	0,15 – 0,35	0,85 – 1,25	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EM 13M	0,07 – 0,19	0,45 – 0,70	0,90 – 1,40	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EM 15K	0,12 – 0,20	0,15 – 0,35	0,85 – 1,25	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50
EH 14	0,10 – 0,18	≤ 0,05	1,75 – 2,25	≤ 0,03	≤ 0,035	≤ 0,3	≤ 0,50

¹⁾ EM 5K mengandung 0,05–0,15 % Ti, 0,02–0,12 % Zr, 0,05–0,15 % Al, sedang lainnya tidak

Secara kasar kawat-kawat tersebut dapat dibedakan berdasarkan kandungan Mangan-nya (Mn) sebagai berikut :

1. Kelompok Mn rendah : kelompok ini mengandung Mn antara 0,2 % sampai 0,8 % dan biasanya digunakan bersama-sama dengan fluks jenis ikatan.
2. Kelompok Mn sedang : kandungan Mn dalam kawat las ini berkisar antara 0,8 % sampai dengan 1,8 % dan biasanya digunakan dengan fluks jenis leburan.

3. Kelompok Mn tinggi : kawat las ini mengandung Mn antara 1,8 % sampai 2,2 % dan penggunaannya digabung dengan fluks jenis leburan.

Kawat-kawat las tersebut biasanya dibuat dengan diameter 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 5,6; 6,4 dan hubungan antara besarnya arus yang diijinkan dan ukuran kawat ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Hubungan antara diameter kawat las dan besar arus ¹⁾

Diameter kawat (mm)	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,0
Besar Arus (Ampere)	< 400	300-500	350-800	500-1100	700-1600	> 1000

2.1.3.2. Jenis Fluks

Dalam las busur rendam digunakan dua macam fluks yaitu jenis leburan dan jenis ikatan. Jenis leburan dibuat dari bijih yang dicairkan lebih dahulu dan kemudian ditumbuk. Dengan menggunakan fluks jenis ini tidak ada unsur-unsur paduan dalam fluks yang dapat masuk ke dalam logam cair, karena itu kawat las yang digunakan harus sudah mengandung unsur paduan yang diperlukan. Besar butir serbuk fluks juga mempengaruhi hasil pengelasan. Dengan arus yang sama besarnya, fluks dengan butir yang lebih halus akan menghasilkan penetrasi yang lebih dangkal dan menghasilkan permukaan manik las yang rata.

Jenis fluks ikatan dibuat dari serbuk bijih dan serbuk paduan yang dicampur dengan Natrium Silikat dan dijadikan adonan yang kemudian dibakar pada suhu rendah sehingga tidak terjadi peleburan.

Pada proses yang berlangsung fluks membentuk :

1. Bagian yang melebur, dimana dalam prosesnya menutupi bagian yang akan disambung, kemudian karena panas dari busur maka terjadi peleburan. Fluks ini merupakan sumber slag cair yang berbentuk seperti gelas, dan dapat disingkirkan dari deposit metal apabila telah dingin temperaturnya.
2. Bagian kedua, dimana bagian ini terjadi karena ada fluks yang tidak melebur. Fluks yang tidak melebur ini karena tidak terjadi pembakaran pada pelaksanaan, sisa fluks ini dapat diambil untuk dipergunakan kembali.

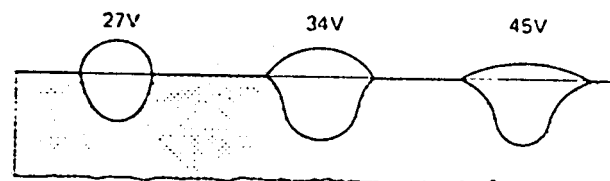
2.1.3.3. Tegangan Pengelasan

Dalam pelaksanaan SAW ini perlu diperhatikan tinggi dari tegangan (voltage), karena mempengaruhi tinggi serta bentuk manik las.

Tegangan pengelasan yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan :

- Manik las terlalu lebar dan datar
- Pemakaian elektroda terlalu boros juga fluks-nya
- Juga merupakan penyebab crack

Sebaliknya jika voltage terlalu rendah, akan terjadi bentuk mahkota las yang tinggi dan slag yang sukar dibuang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gb. 2.3. Pengaruh dari tegangan busur pada bentuk manik las¹⁾

2.1.3.4. Arus Pengelasan

Penggunaan arus listrik yang terlalu tinggi akan menyebabkan penetrasi atau fusi yang terlalu besar, bahkan tidak tertutup kemungkinan menyebabkan lemahnya sambungan. Sedangkan penggunaan arus yang terlalu kecil menyebabkan dangkal penetrasinya.

Jumlah logam las yang didepositkan dalam satuan waktu akan berbanding langsung dengan jumlah ampere-nya.

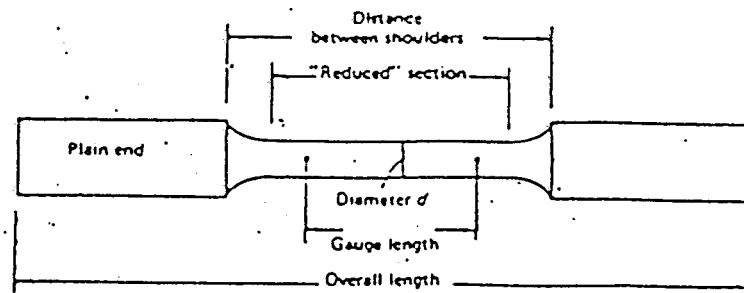
2.1.3.5. Kecepatan Pengelasan

Penambahan kecepatan pengelasan akan mengurangi masukan panas pada proses pengelasan.

Kecepatan pengelasan pada SAW ini juga mempengaruhi keadalaman penetrasi dan bentuk manik las. Kecepatan yang rendah menyebabkan terjadinya pencairan filler metal dalam jumlah banyak, dalam hal ini juga dapat menyebabkan dalamnya penetrasi. Sedangkan kecepatan yang tinggi akan menghasilkan penetrasi dangkal.

2.2. Metode Pengujian Tarik

Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen / batang uji yang standar. Bahan yang akan diuji tarik mula-mula dibuat menjadi batang uji dengan bentuk sesuai dengan suatu standar. Salah satu bentuk batang uji dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gb. 2.4. Bentuk spesimen uji tarik ¹⁾

Pada bagian tengah dari batang uji merupakan bagian yang menerima tegangan uniform, dan pada bagian ini diukurkan "panjang uji" (gauge length), yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh dari pembebanan, bagian ini yang selalu diukur panjangnya selama proses pengujian.

Batang uji ini dipasang pada mesin tarik, dijepit dengan pencekam dari mesin tarik pada ujung-ujungnya dan ditarik ke arah memanjang secara perlahan-lahan. Selama penarikan setiap saat dicatat dengan grafik yang tersedia pada mesin tarik, besarnya gaya tarik yang bekerja dan besarnya pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat dari gaya tarik tersebut. Penarikan berlangsung terus sampai batang uji putus.

Data yang diperoleh dari mesin tarik biasanya dinyatakan dengan grafik beban-pertambahan panjang (Grafik $P - \Delta L$). Grafik ini masih belum banyak gunanya karena hanya menggambarkan kemampuan batang uji (bukan kemampuan bahan) untuk menerima beban gaya. Untuk dapat digunakan menggambarkan sifat bahan secara umum, maka grafik $P - \Delta L$ harus dijadikan

1) Referensi 3 hal. 9

grafik lain yaitu suatu diagram Tegangan – Regangan (Stress-Strain Diagram), disebut juga suatu diagram $\sigma - \epsilon$, kadang-kadang juga disebut Diagram Teknik.

Pada saat batang uji menerima beban sebesar P kg maka batang uji (yaitu panjang uji) akan bertambah panjang sebesar ΔL mm.

Pada saat itu pada batang uji bekerja tegangan yang besarnya :

$$\sigma = P / A_o$$

dimana A_o = luas penampang batang uji mula-mula

Juga pada saat itu pada batang uji terjadi regangan yang besarnya :

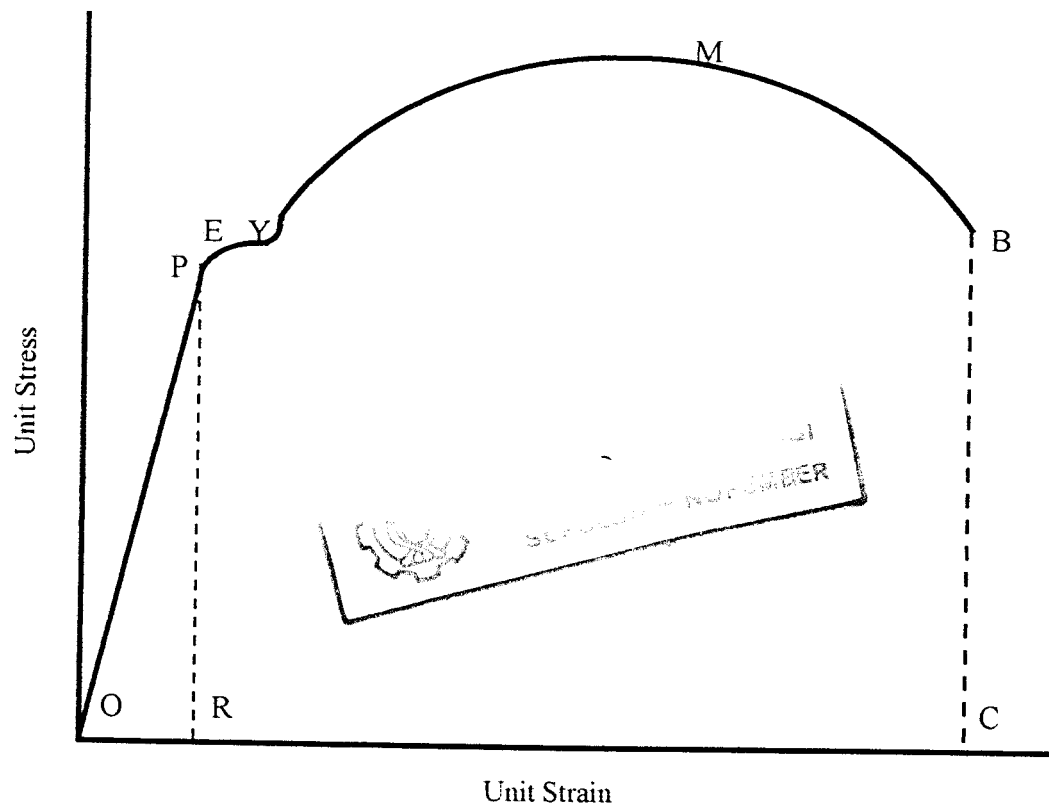
$$\epsilon = \Delta L / L_o = (L - L_o) / L_o$$

dimana L_o = panjang “panjang uji” mula-mula

L = panjang “panjang uji” saat menerima beban

Tegangan dituliskan dengan satuan kg/mm^2 , kg/cm^2 , psi (pound per square inch) atau Mpa (Mega Pascal = 10^6 N/m^2). Regangan dapat dinyatakan dengan persentase pertambahan panjang, satuannya adalah persen (%) atau mm/mm atau in/in.

Gambar 2.5, salah satu contoh bentuk diagram tegangan regangan yaitu diagram tegangan – regangan suatu baja yang ulet (baja karbon rendah).



Gb.2.5. Stress-Strain Diagram untuk logam ulet ¹⁾

Dari diagram di atas tampak bahwa pada tegangan yang kecil, grafik berupa garis lurus, ini berarti bahwa besarnya regangan yang timbul sebagai akibat tegangan yang kecil tersebut berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang bekerja (hukum Hook). Hal ini berlaku hingga titik P, yaitu batas kesebandingan atau proportionality limit.

Apabila beban mencapai titik P (proportionality limit) maka setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan pertambahan panjang yang lebih besar. Dan bahkan pada suatu saat dapat terjadi pertambahan panjang tanpa adanya penambahan beban, dikatakan batang uji mengalami yield

1) Referensi 3 hal. 11

(luluh). Keadaan ini berlangsung hanya beberapa saat dan sesudah itu beban akan naik lagi untuk dapat memperoleh pertambahan panjang (tidak lagi proporsional).

Kenaikan beban ini akan berlangsung terus sampai suatu maksimum dan untuk logam yang ulet sesudah itu beban mesin tarik akan menurun lagi (tetapi pertambahan panjang terus berlangsung) sampai akhirnya batang uji putus. Pada saat beban mencapai maksimum pada batang uji terjadi pengecilan penampang setempat (local necking), dan pertambahan panjang akan terjadi hanya di sekitar necking tersebut. Sedangkan pada logam-logam yang lebih getas tidak terjadi necking dan logam akan putus pada saat beban maksimum.

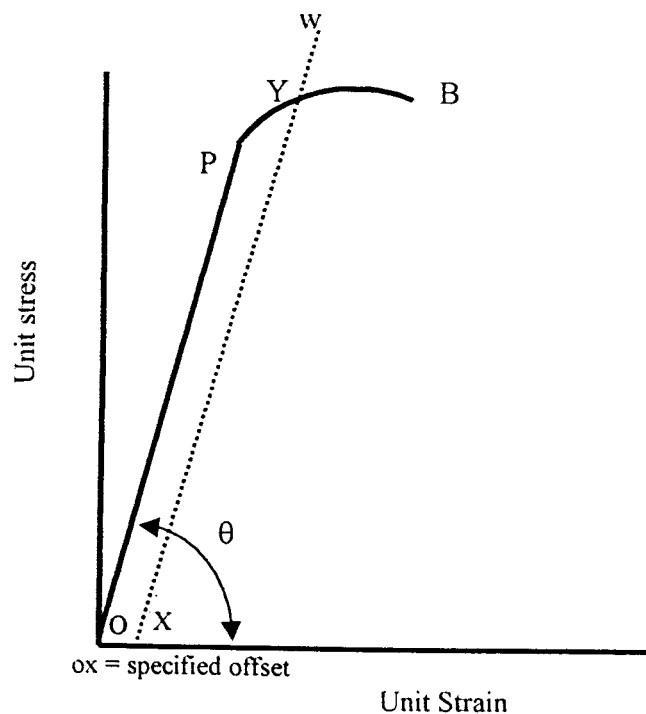
Diagram tegangan-regangan dapat dibagi menjadi dua daerah yaitu daerah elastik dan daerah plastik. Yang menjadi batas antara kedua daerah tersebut seharusnya adalah batas elastis, tetapi ini tidak praktis, karena mencari titik E (batas elastis) cukup sulit, maka yang dianggap sebagai batas antara daerah elastis dengan daerah plastis adalah titik luluh (yield point), Y.

Pada beberapa logam yang cukup ulet, yield akan tampak jelas dan patah terjadi tidak pada beban maksimum, sedangkan pada logam yang lebih getas, yield kurang nampak bahkan tidak terlihat sama sekali, dan putus akan terjadi pada beban maksimum.

2.2.1. Sifat Mekanik di Daerah Elastis

1. Kekuatan elastis menyatakan kemampuan untuk menerima beban/tegangan tanpa berakibat terjadinya deformasi plastis, kekuatan ini ditunjukkan oleh titik yield. Untuk logam yang ulet diperlihatkan terjadinya yield dengan jelas,

tentu batas ini mudah ditentukan, tetapi untuk logam yang lebih getas yield tidak tampak jelas atau sama sekali tidak terlihat, maka yield dapat dicari dengan menggunakan Offset method. Harga yang diperoleh dengan cara ini dinamakan offset yield strength. Dalam hal ini yield dianggap sebesar 0,2 % atau 0,35 % (tergantung kesepakatan). Secara grafik offset yield strength dapat dicari dengan menarik garis sejajar dengan garis elastis dari titik regangan 0,2 % atau 0,35 % hingga memotong kurva. Titik perpotongan ini menunjukkan yield.



Gb. 2.6. Penentuan yield dengan offset method ¹⁾

1) Referensi 3 hal. 14

2. Kekakuan (stiffness). Suatu bahan yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastiknya) akan mengalami deformasi elastis tapi hanya sedikit saja. Kekakuan ditunjukkan oleh Modulus Elastisitas, E ,

$$E = \sigma_{el} / \epsilon_{el}$$

Makin besar harga E , makin kaku. Harga E untuk semua baja hampir sama saja, sekitar $2,15 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ atau $30 \times 10^6 \text{ psi}$, harga ini hampir tidak terpengaruh oleh komposisi kimia, laku panas dan proses pembentukannya. Kekakuan juga dapat dinyatakan dengan Poisson's Ratio. Bila batang uji ditarik secara uniaxial ke arah memanjang maka disamping akan terjadi regangan ke arah memanjang sebesar ϵ_x , juga akan mengalami regangan ke arah melintang sebesar ϵ_y . Poisson's Ratio didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan ke arah melintang dengan regangan ke arah memanjang (tegangan masih dalam batas elastis).

$$\nu = - \epsilon_y / \epsilon_x$$

Harga negatif diberikan karena arah regangan melintang mempunyai harga negatif sedang arah memanjang mempunyai harga positif. Harga ν untuk logam biasanya berkisar antara 0,25 dan 0,35. Makin besar harga ν suatu logam maka logam itu makin kurang kaku.

3. Resilien (Resilience) menyatakan kemampuan untuk menyerap energi (kerja) tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi plastis. Jadi dapat dinyatakan dengan banyaknya energi yang diperlukan untuk mencapai batas elastis.

Resilien dinyatakan dengan Modulus Resilien yang didefinisikan sebagai banyaknya energi yang diperlukan untuk meregangkan satu satuan volume bahan hingga sampai batas elastis.

Besarnya modulus resilien dapat dihitung dengan rumus :

$$U_R = \frac{1}{2} \sigma_E \cdot \epsilon_E = \sigma_E^2 / 2 E$$

Dari hubungan di atas dapat dilihat bahwa modulus resilien ditentukan oleh σ_E dan E . Tetapi karena harga E dari suatu logam boleh dikatakan tidak berubah maka modulus resilien hanya ditentukan oleh σ_E , kekuatan elastis (yield point strength).

2.2.2. Sifat Mekanik di Daerah Plastis

1. Kekuatan Tarik (Tensile Strength) menunjukkan kemampuan untuk menerima beban / tegangan tanpa menjadi rusak / putus. Ini dinyatakan dengan tegangan maksimum sebelum putus. Kekuatan tarik (Ultimate Tensile Strength – UTS)

$$UTS = \sigma_u = P_{max} / A_0$$

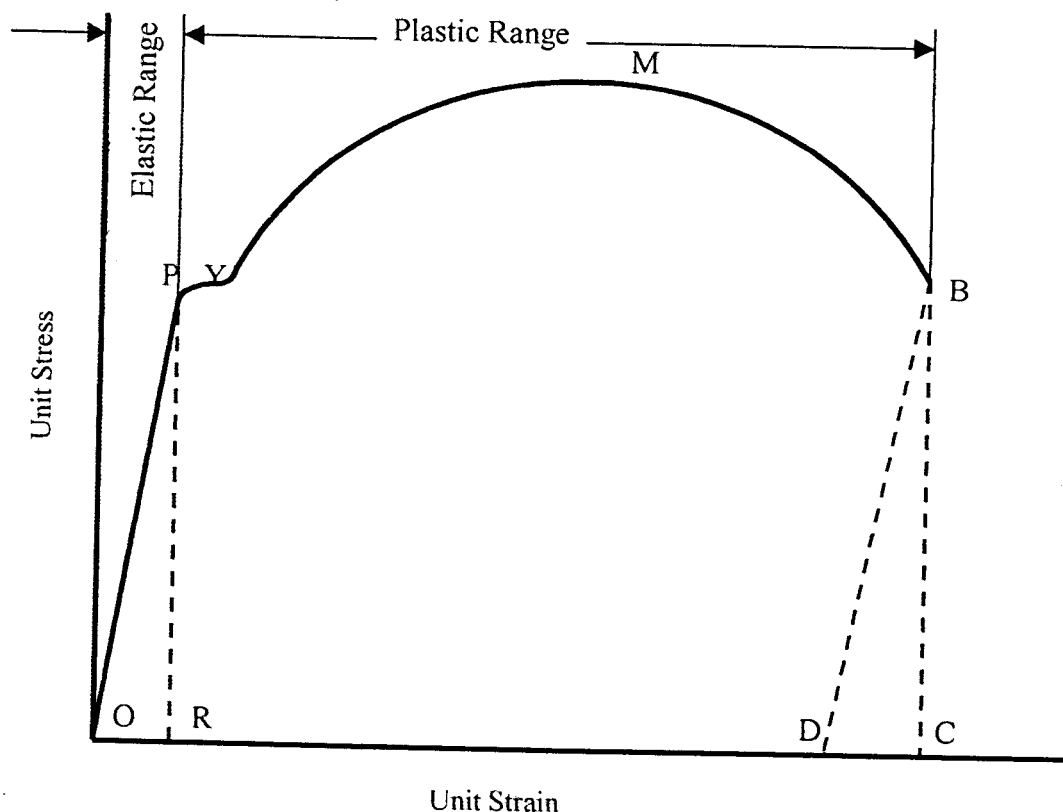
UTS / kekuatan tarik ini sering dianggap sebagai data terpenting yang diperoleh dari hasil pengujian tarik, karena biasanya perhitungan-perhitungan kekuatan dihitung atas dasar kekuatan tarik ini (sekarang ada kecenderungan untuk mendasarkan perhitungan kekuatan pada dasar yang lebih rasional yaitu yield point / yield strength).

2. Keuletan (ductility) menggambarkan kemampuan untuk berdeformasi secara plastis tanpa menjadi patah. Dapat diukur dengan besarnya regangan plastis yang terjadi setelah batang uji putus. Keuletan biasanya dinyatakan dengan prosentase perpanjangan (percentage elongation)

$$D_o = (L_f - L_o) / L_o \times 100 \%$$

Dimana L_f = panjang gauge length setelah putus.

Secara grafik persentase perpanjangan dapat diukur pada diagram $\sigma - \epsilon$, yaitu dengan menarik garis dari titik patah (B) sejajar dengan garis elastis hingga memotong absis (D). Panjang DC adalah regangan elastis, panjang OD adalah regangan plastis.



Gb. 2.7. Penentuan regangan plastis setelah patah ¹⁾

Keuletan juga dapat dinyatakan dengan persentase pengurangan luas penampang (percentage reduction in area)

$$D_o = (A_o - A_f) / A_o \times 100 \%$$

A_f = luas penampang batang uji pada patahan

Pada baja dan juga pada logam-logam lain, keuletan banyak ditentukan oleh struktur mikro juga ditentukan oleh komposisi kimia dari paduan, laku panas dan tingkat deformasi dingin yang dialami.

3. Ketangguhan (toughness) menyatakan kemampuan menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan (modulus of toughness) yang dapat didefinisikan sebagai banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan satu satuan volume suatu bahan.

Ada beberapa pendekatan matematik yang dapat digunakan untuk mengukur / menghitung besarnya modulus ketangguhan, U_T , yaitu :

- Untuk bahan yang ulet (ductile)

$$U_T = \sigma_u \cdot \epsilon_f \quad \text{atau} \quad U_T = \epsilon_f \cdot (\sigma_u + \sigma_y) / 2$$

- Untuk bahan yang getas (brittle)

$$U_T = 2 / 3 \sigma_u \cdot \epsilon_f \dots\dots\dots 1)$$

Dimana : U_T = modulus ketangguhan

σ_u = ultimate tensile strength

σ_y = yield point / strength

ϵ_f = regangan total pada saat putus

Ketangguhan merupakan suatu konsep yang sangat penting dan banyak dipergunakan, tetapi sebenarnya sulit ditetapkan seberapa besar sebenarnya ketangguhan yang dibutuhkan untuk suatu keperluan, karena ketangguhan dipengaruhi banyak hal, antara lain adanya cacat, bentuk dan ukurannya, bentuk dan ukuran benda, kondisi pembebanan /strain rate, temperatur dan lain-lain yang banyak diantaranya sulit diukur.

2.2.3. Diagram Tegangan – Regangan Sebenarnya

Diagram tegangan – regangan seperti yang dibicarakan di depan disebut diagram tegangan-regangan nominal karena perhitungan tegangan dan regangan tersebut berdasarkan panjang uji dan luas penampang mula-mula (nominal), padahal setiap saat selalu terjadi perubahan sebagai akibat penarikan yang sedang berlangsung. Dengan demikian seharusnya tegangan dan regangan dihitung berdasarkan luas penampang dan panjang uji pada sesaat itu (bukan yang mula-mula)

Dari hal ini terlihat bahwa sebenarnya diagram tegangan-regangan nominal kurang akurat, namun demikian untuk keperluan teknik , pada umumnya dianggap sudah memadai, karenanya dinamakan juga diagram tegangan-regangan teknik.

Tetapi untuk beberapa keperluan tertentu, serta untuk perhitungan yang lebih mendetail yang memerlukan ketelitian yang lebih tinggi akan diperlukan tegangan-regangan sebenarnya (true stress –strain diagram).

Definisi

Tegangan nominal : Tegangan sebenarnya :

$$\sigma = P / A_0$$

$$\sigma' = P / A$$

Regangan nominal : Regangan sebenarnya :

$$\epsilon = (L - L_0) / L_0$$

$$\epsilon = (L_1 - L_0) / L_0 + (L_2 - L_1) / L_1 + (L_3 - L_2) / L_2 \dots$$

$$\epsilon = \Delta L / L_0$$

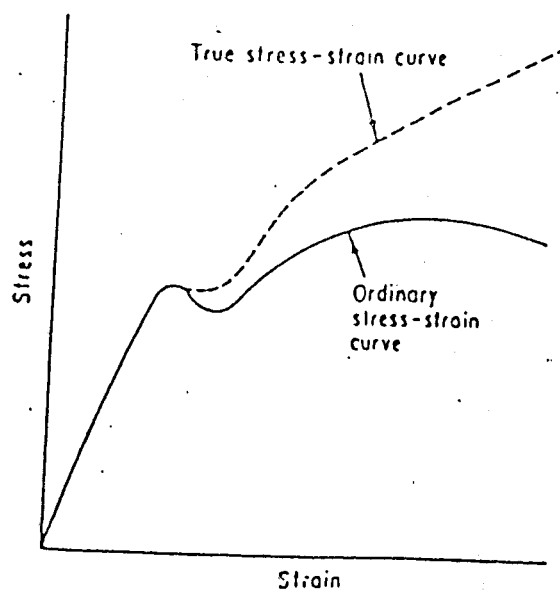
$$\epsilon = \int_{L_0}^L dL / L_0 = \int_{L_0}^L \frac{1}{L} dL = \ln L = \ln (L / L_0)$$

Hubungan antara tegangan nominal dengan tegangan sebenarnya :

$$\sigma' = \sigma (1 + \epsilon)$$

Hubungan antara regangan nominal dengan regangan sebenarnya :

$$\epsilon' = \ln (1 + \epsilon)$$



Gb. 2.8. True stress-strain and conventional stress-strain diagram untuk Mild steel ¹⁾

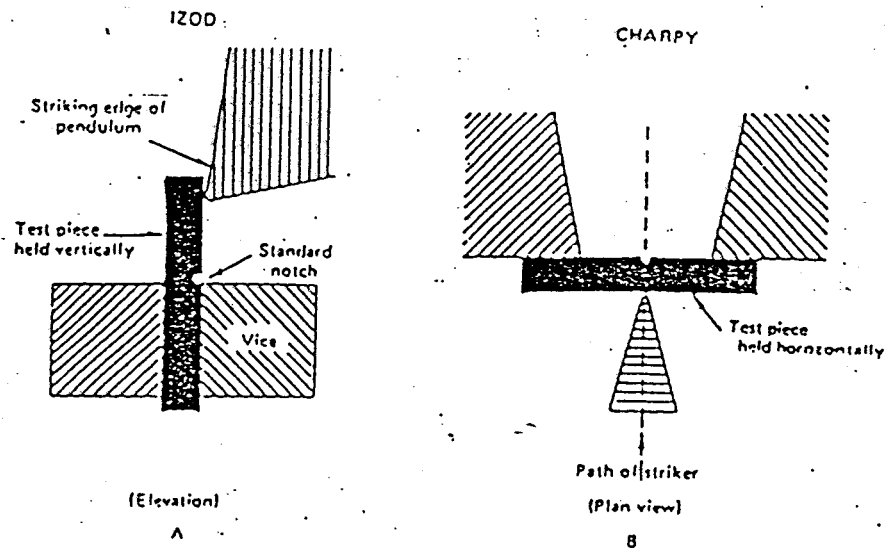
2.3. Metode Pengujian Impact

Selama perang dunia II banyak dijumpai kerusakan pada konstruksi (kapal, jembatan, tanki, pipa dll) yang menampakkan pola patah getas. Padahal konstruksi tersebut terbuat dari logam yang biasanya dikenal cukup ulet, seperti misalnya baja lunak. Ternyata ada tiga faktor utama yang menyebabkan kecenderungan terjadinya patah getas, yaitu :

1. Tegangan triaxial
2. Temperatur rendah
3. Laju peregangan (strain rate) yang tinggi

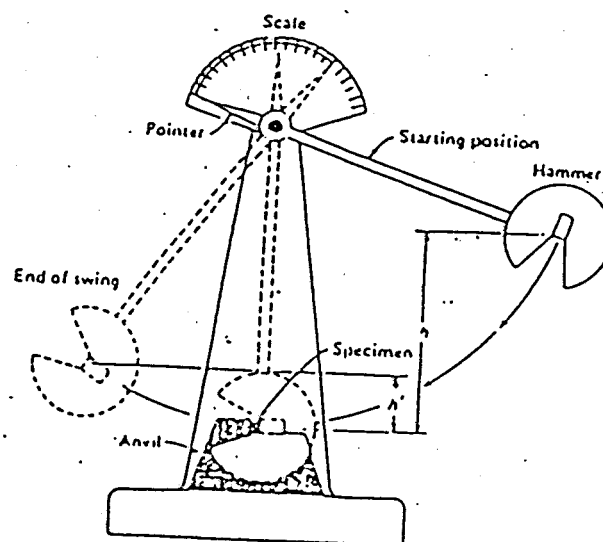
Ada beberapa cara menguji kecenderungan terjadinya patahan getas yang dilakukan para peneliti, salah satu yang sering digunakan adalah impact test. Pada pengujian ini digunakan batang uji yang bertakik (notch) yang dipukul dengan sebuah bandul. Ada dua cara pengujian yang dapat digunakan yaitu metode Charpy (banyak dipakai di Amerika dan negara-negara lain) dan metode Izod (digunakan di Inggris).

Pada metode Izod, batang uji dijepit pada satu ujung sehingga takikan berada didekat penjepitnya. Bandul atau pemukul yang diayunkan dari ketinggian tertentu akan memukul ujung yang lain dari arah takikan. Sedangkan pada metode Charpy, batang uji diletakkan mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul berayun akan memukul batang uji tepat di belakang takikan.



Gb. 2.9. Metode uji dengan prinsip Izod dan Charpy ¹⁾

Untuk pengujian ini digunakan sebuah mesin dimana suatu batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi pemberat. Batang uji diletakkan di bagian bawah mesin dan takikan tepat berada pada bidang lintasan pemukul.

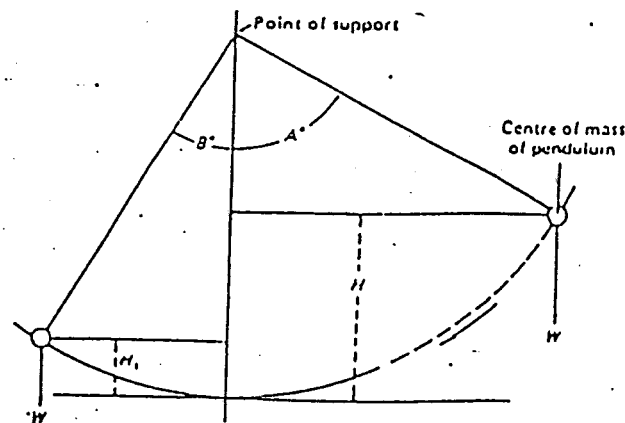


Gb. 210. Gambar skema mesin uji Impact ²⁾

1) Referensi 3 hal. 35

2) Referensi 3 hal. 36

Pada pengujian ini bandul pemukul dinaikkan sampai ketinggian tertentu (H). Pada posisi ini pemukul memiliki energi potensial sebesar $W.H$ (W = berat pemukul). Dari posisi ini pemukul dilepaskan dan berayun bebas memukul batang uji hingga patah, dan pemukul terus berayun sampai ketinggian H_1 . Pada posisi ini sisa energi potensial adalah $W.H_1$. Selisih antara energi awal dengan energi akhir adalah energi yang digunakan untuk mematahkan batang uji.



Gb. 2.11. Kalkulasi energi patahan dari uji Impact ¹⁾

Impact Strength, ketahanan batang uji terhadap pukulan (impact) dinyatakan dengan banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji, dengan notasi IS atau C satuannya kgm atau ft lb atau joule. Jadi impact strength sebenarnya adalah ketangguhan juga, ketangguhan terhadap beban mengejut dan pada batang uji yang bertakik, logam yang getas akan memperlihatkan impact strength yang rendah.

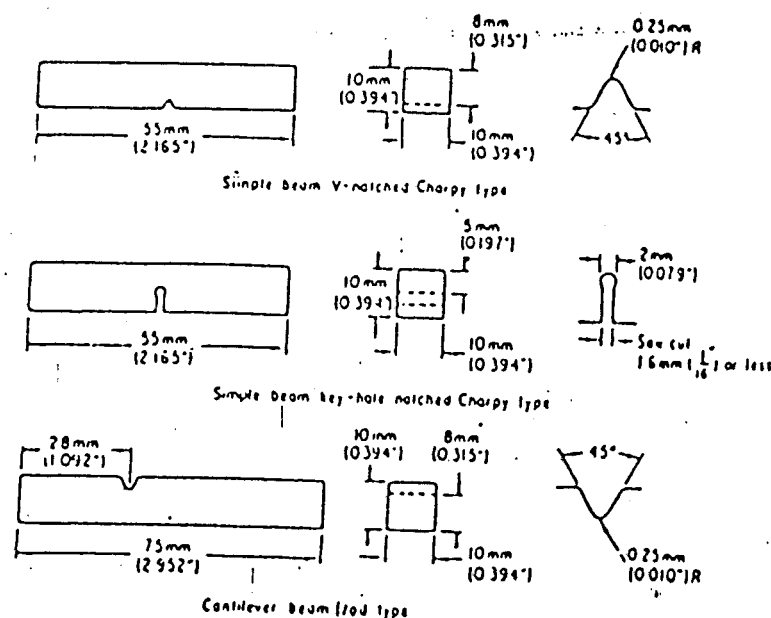
Hasil pengukuran dengan impact test ini masih tidak dapat digunakan untuk keperluan perhitungan desain, ia hanya dapat digunakan untuk membandingkan sifat suatu bahan dengan bahan lain, apakah suatu bahan mempunyai sifat ketangguhan yang lebih baik daripada bahan lain. Hal ini

1) Referensi 3 hal. 36

disebabkan karena banyaknya faktor yang mempengaruhi impact strength yang tidak dapat dicari korelasinya antara kondisi pengujian dengan kondisi pemakaian.

Karena itu untuk pengujian pukul takik ini bentuk dan ukuran batang uji serta bentuk dan ukuran takikan harus benar-benar sama, barulah hasil pengujian dapat dibandingkan satu sama lain.

Bentuk penampang batang uji biasanya bujur sangkar dengan dimensi 10 x 10 mm dengan bentuk takikan V (V-notched) atau U (U-notched atau key hole). V – notched biasanya digunakan untuk logam yang dianggap ulet, sedangkan U – notched untuk logam yang getas. Bentuk dan ukuran batang uji dapat dilihat pada Gambar 2.12. di bawah ini.



Gb. 2.12. Bentuk spesimen uji Impact ¹⁾

Selain mengukur impact strength, impact test juga digunakan untuk mempelajari pola perpatahannya, apakah batang uji patah dengan pola patahan

getas (brittle fracture) atau dengan pola patahan ulet (ductile fracture) atau kombinasi dari keduanya. Untuk mempelajari ini dilakukan pengamatan visual pada permukaan patahan. Patahan getas tampak berkilat dan berbutir (granular fracture atau cleavage fracture), sedangkan patahan ulet tampak lebih suram dan seperti berserabut (fibrous fracture atau shear fracture).

BAB III

METODOLOGI PERCOBAAN

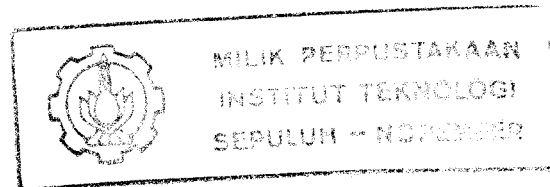
Dalam bab III ini dibahas mengenai metode pelaksanaan pengelasan dan metode pelaksanaan pengujian dari hasil pengelasan.

3.1. Persiapan Spesimen

Spesimen yang digunakan pada pelaksanaan adalah baja karbon rendah SS 41 (JIS G3101) dengan ketebalan 12 mm.

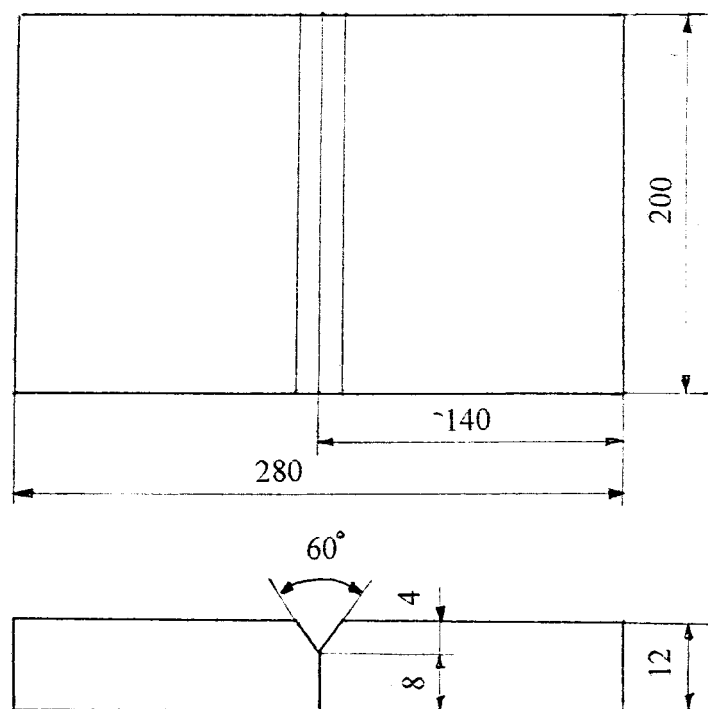
Data mekanis baja karbon rendah SS 41 :

- Tensile Strength : 41 - 52 kg/mm²
- Yield Strength : min. 25 kg/mm²
- Elongation : min. 17 %

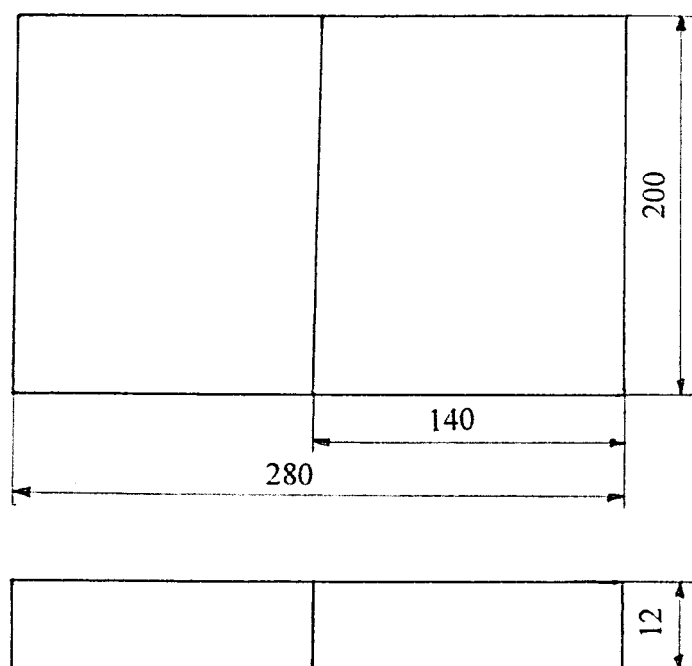


3.2. Dimensi Spesimen

Baja karbon rendah SS 41 yang berupa pelat dipotong dengan ukuran 200 x 140 x 12 mm sebanyak 4 (empat) lembar. Dua buah pelat salah satu sisi memanjangnya digerinda, digunakan untuk proses pengelasan dengan bentuk alur V yang memiliki sudut 60° dan dengan ketentuan ukuran seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Sedangkan dua buah pelat yang lain digunakan untuk proses pengelasan dengan menggunakan alur I, dimensi spesimen untuk alur I tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2. dibawah ini.



Gb. 3.1. Dimensi spesimen untuk alur V



Gb.3.2. Dimensi spesimen untuk alur I

3.3. Persiapan Pengelasan

Meliputi peralatan mesin las, pemilihan kawat las / elektroda dan pemilihan jenis fluks.

3.3.1. Tempat Pelaksanaan

Proses pengelasan dengan SAW dilaksanakan di salah satu dok PT. PAL INDONESIA, Ujung – Surabaya.

3.3.2. Mesin Las

Mesin las yang digunakan untuk proses SAW ini memiliki data spesifikasi :

- Merk : DAIHEN CORPORATION
- Model : AUTOMELT SW 41
- Voltage : 110 V
- Current : 500 A
- Frequency : 50 / 60 Hz
- Weight : 50 kg

3.3.3. Pemilihan Kawat Las

Pada pengelasan ini digunakan elektroda / kawat las OK. Autrod 12.10 berdiameter 5 mm dengan standar AWS yaitu AWS A5.17 : (EL 12)

3.3.4. Pemilihan Jenis Fluks

Pada pengelasan ini digunakan fluks OK. Autrod 10.40 dengan type fused bersifat asam, dengan paduan Mangan (Mn).

3.4. Penentuan Harga Parameter Pengelasan

Setelah persiapan spesimen selesai, maka sebelum dilaksanakan pengelasan perlu ditentukan terlebih dahulu kondisi parameter standar untuk masing-masing bentuk alur.

- Untuk bentuk alur I

- Elektroda : OK. Autrod 12.10 - A5.17 : (EL 12)
- Diameter : 5 mm
- Fluks : OK. Autrod 10.40
- Bahan : SS 41

Tabel 3.1. Parameter pengelasan untuk bentuk alur I

SISI	AMPERE	VOLT	KEC. PENGELASAN
1	600 A	35 V	60 cm / menit
2	700 A	35 V	60 cm / menit

- Untuk bentuk alur V-60

- Elektroda : OK. Autrod 12.10 - A5.17 : (EL 12)
- Diameter : 5 mm

- Fluks : OK. Autrod 10.40
- Bahan : SS 41

Tabel 3.2. Parameter pengelasan untuk bentuk alur V-60

SISI	AMPERE	VOLT	KEC. PENGELASAN
1	600 A	35 V	60 cm / menit
2	700 A	35 V	60 cm / menit

3.5. Langkah Pengelasan

1. Pembersihan kotoran atau debu yang melekat disekitar alur yang akan dilas, dengan menggunakan sikat besi.
2. Penambahan pelat pada kedua ujung alur untuk kupingan dengan jalan dilas titik, yang berfungsi untuk menghindari terjadinya pembengkokan pelat dan juga digunakan sebagai start awal pengelasan.
3. Rel yang dipergunakan sebagai jalur pengelasan dipersiapkan di samping spesimen.
4. Mesin las dihidupkan, kemudian ditentukan parameter pengelasan seperti ditabelkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.
5. Setelah harga-harga parameter dari pengelasan ditentukan kemudian barulah dapat dilakukan start pengelasan.

3.6. Pengujian Tarik

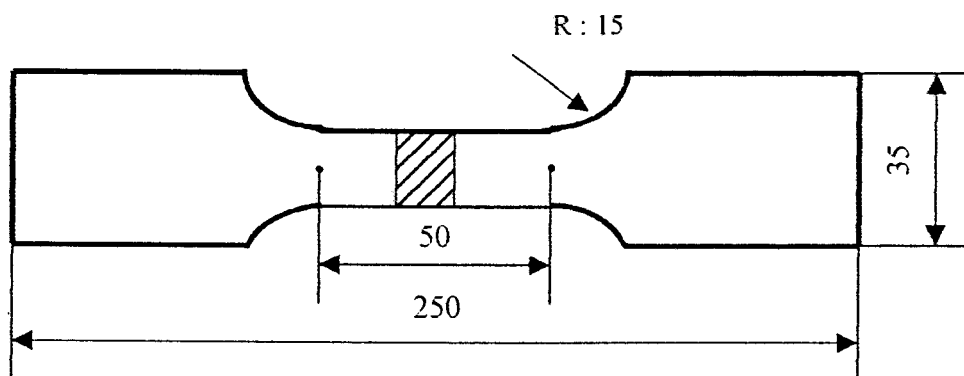
3.6.1. Tujuan Pengujian

Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik, yield strength, dan elongation dari logam karena pengaruh dari panas yang diterima selama proses pengelasan berlangsung.

3.6.2. Pelaksanaan Pengujian

3.6.2.1. Spesimen

Berdasarkan standar JIS Z2201 test piece no. 5, test piece dibentuk dengan ukuran seperti pada Gambar 3.3 dibawah ini dengan sambungan las tepat berada ditengah-tengah spesimen.



Gb. 3.3. Dimensi test piece uji tarik

Untuk membentuk test piece dengan dimensi seperti pada Gambar 3.3, digunakan mesin skrap. Sebelumnya material yang dilas dengan ukuran panjang 280 mm dan lebar 200 mm, dipotong untuk spesimen uji tarik dengan ukuran 280 x 45 mm sebanyak 3 spesimen untuk masing-masing bentuk alur. Sisa

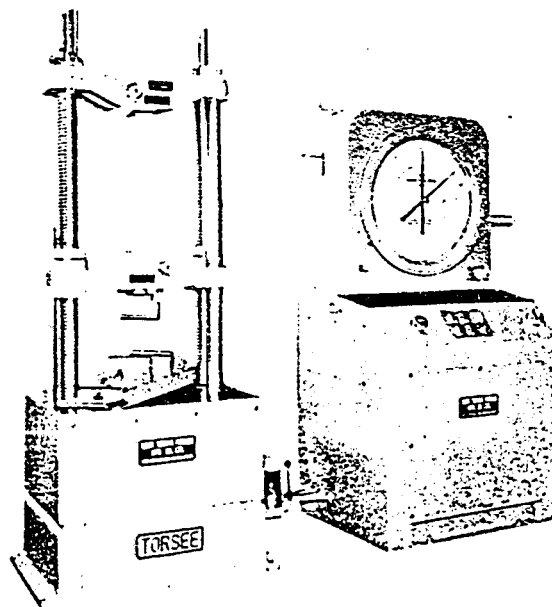
material yang berukuran 280 x 65 mm digunakan untuk membuat spesimen uji Impact.

Manik dari lasan yang menonjol diratakan sama dengan tinggi logam induk, menggunakan mesin skrap.

3.6.2.2. Mesin Uji Tarik

Data spesifikasi mesin uji tarik :

- Merk : TORSEE
- Model : UNIVERSAL TESTING MACHINE, TOKYO
- Type : RAT - 20
- Capacity : 20 TON



Gb. 3.4. Mesin Uji Tarik ¹⁾

3.6.2.3. Langkah Pengujian

- 1) Ukur dimensi spesimen dengan menggunakan jangka sorong.
- 2) Spesimen dipasang pada penjepit mesin.
- 3) Kertas dan pena dipasang.
- 4) Pembebanan sampai spesimen patah dengan kecepatan yang sesuai.
- 5) Catat beban lumer, beban patah dan beban maksimum.
- 6) Setelah spesimen patah, dilepas dari penjepit.
- 7) Kedua spesimen (bagian yang patah) digabungkan kembali kemudian panjang spesimen diukur.

3.7. Pengujian Pukul Takik (Impact)

3.7.1. Tujuan Pengujian

Tujuan dilakukan pengujian Impact adalah untuk mengetahui ketahanan logam terhadap beban mendadak serta kepekaan dan ketahanan logam akibat notch (takik).

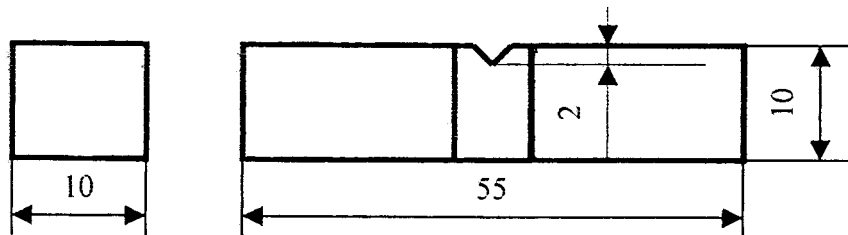
3.7.2. Pelaksanaan Pengujian

3.7.2.1. Spesimen

Test piece dibuat berdasarkan standar DIN 50.115. Standar test piece adalah berbentuk empat persegi panjang dengan penampang 10 x 10 mm dan panjang 55 mm.

Pada salah satu permukaan tepat ditengah-tengahnya diberi suatu notch (takikan) yang berbentuk key hole, dalam pengujian ini digunakan bentuk

notch -V dengan ukuran yang telah distandarisasi seperti pada Gambar 3.5 dibawah ini.

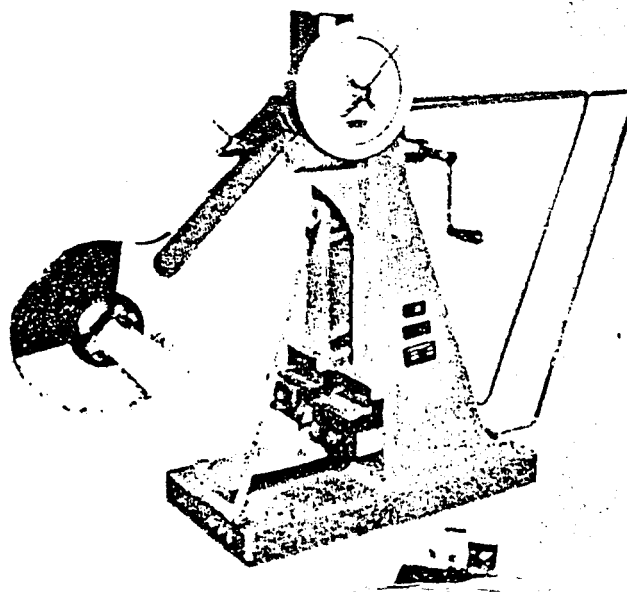


Gb. 3.5. Dimensi test piece untuk uji Impact

3.7.2.2. Mesin Uji Impact

Data spesifikasi mesin uji Impact :

- Type : CI - 30
- Capacity : 30 kg/m
- Berat bandul : 25,72 kg

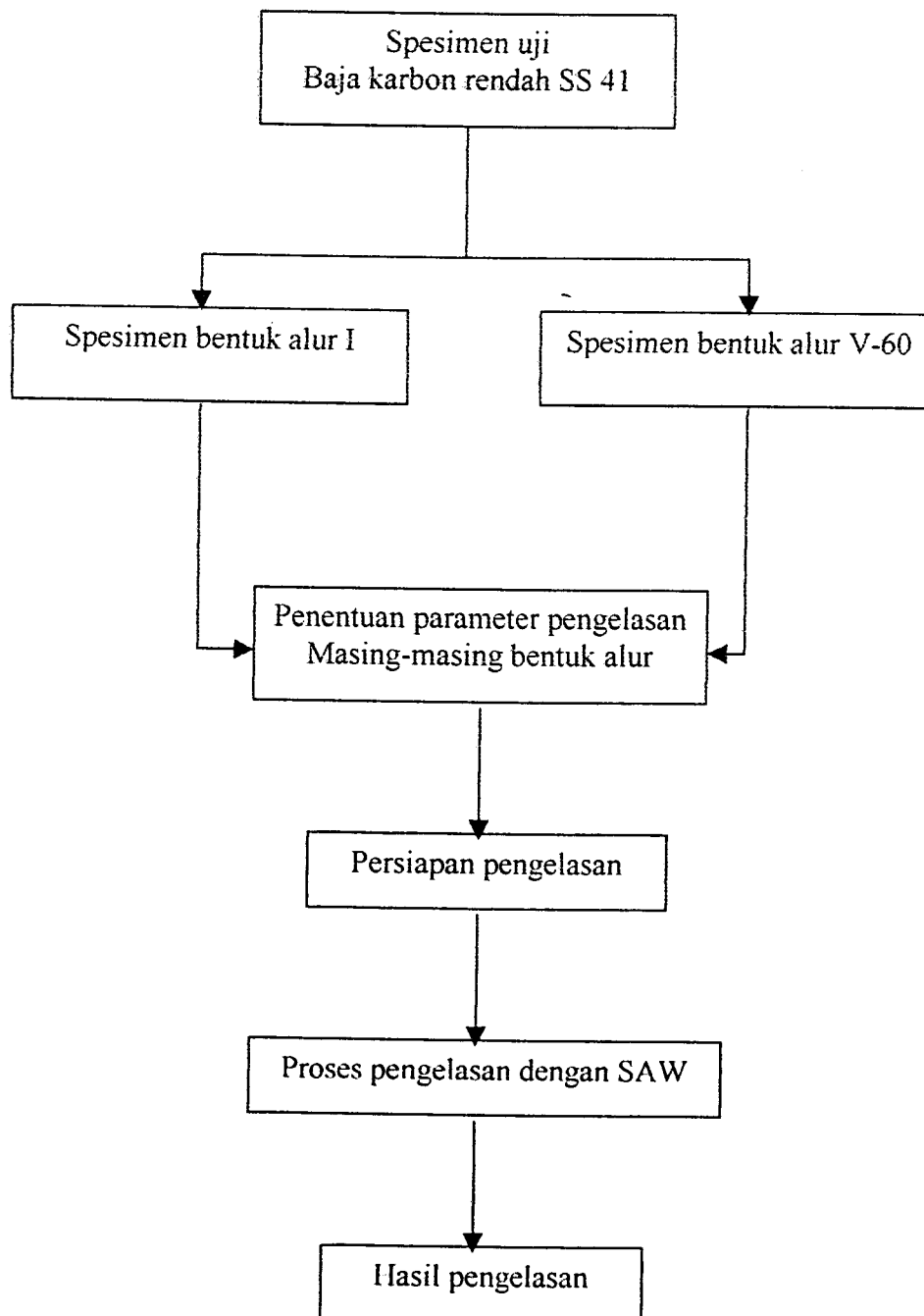


Gb. 3.6. Mesin Uji Impact¹⁾

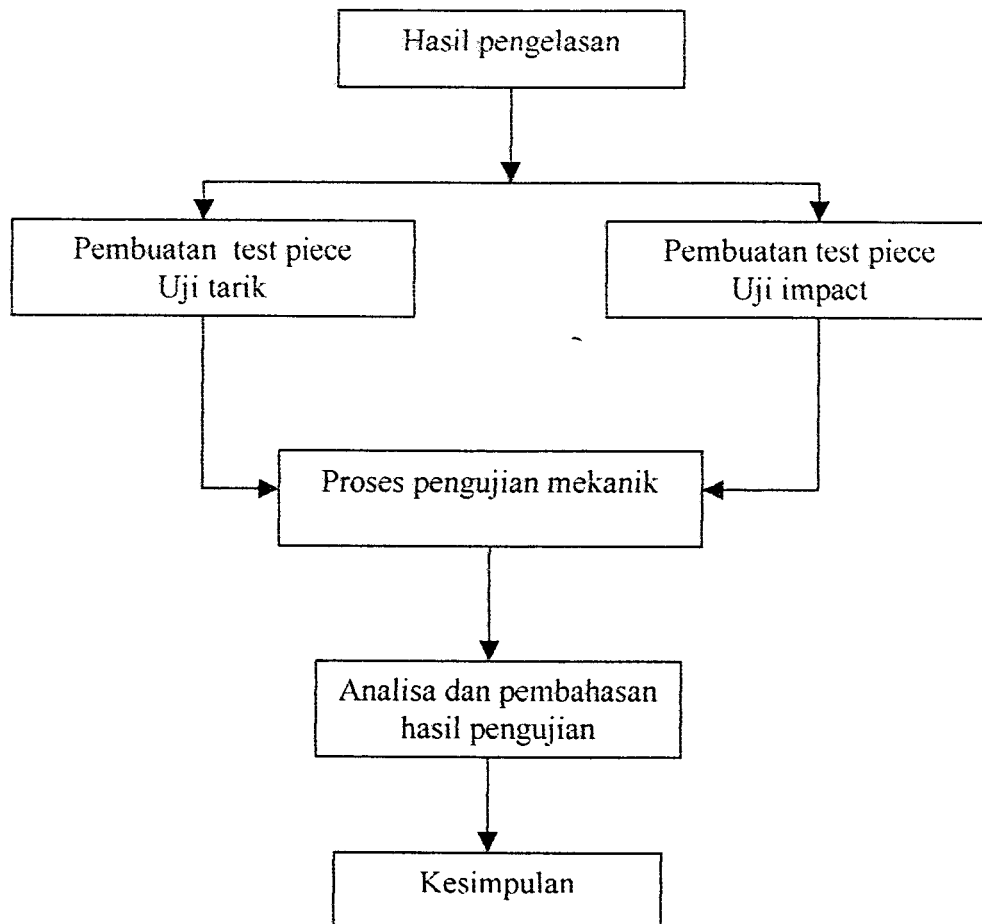
3.7.2.3. Langkah Pengujian

- 1) Ukur dimensi spesimen dengan menggunakan jangka sorong.
- 2) Test piece diletakkan pada landasan (anvil), celah dari notch harus terletak ditengah-tengah, dengan arah notch menghadap ke dalam.
- 3) Beban / bandul dinaikkan sebesar sudut α dalam pengujian ini sudut α diambil 142° .
- 4) Posisi jarum penunjuk skala diatur pada posisi nol.
- 5) Beban / bandul dilepas sehingga memukul test piece.
- 6) Setelah memukul test piece bandul masih akan terayun sebesar sudut β dan catat besarnya sudut β .
- 7) Energi yang digunakan untuk mematahkan test piece dapat dilihat pada jarum skala penunjuk dan dicatat dalam tabel hasil pengamatan.
- 8) Hitung kekuatan Impact dari material test piece berdasarkan hasil bagi total energi untuk mematahkan test piece dengan luas penampang dari bagian yang tertakik.

3.8. Diagram Alir Proses Pengelasan



3.9. Diagram Alir Proses Pengujian



BAB IV

HASIL PENGUJIAN

Dari hasil pengujian didapat data-data yaitu sebelum dan sesudah pengujian yang nantinya dapat dipergunakan dalam perhitungan uji tarik dan uji impact.

4.1. Hasil Pengujian Tarik

Data spesimen sebelum pengujian :

- A_o = luas penampang mula-mula
 - untuk bentuk alur I : $264,39 \text{ mm}^2$
 - untuk bentuk alur V-60 : $258,76 \text{ mm}^2$
- L_o = panjang gauge length = 49,85 mm

Tabel 4.1. Tensile Strength

Bentuk Alur	Tensile Strength (kg/mm^2)			Σ Rata-rata
	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3	
Alur I	47,28	49,83	49,68	48,93
Alur V-60	47,98	48,49	49,01	48,49

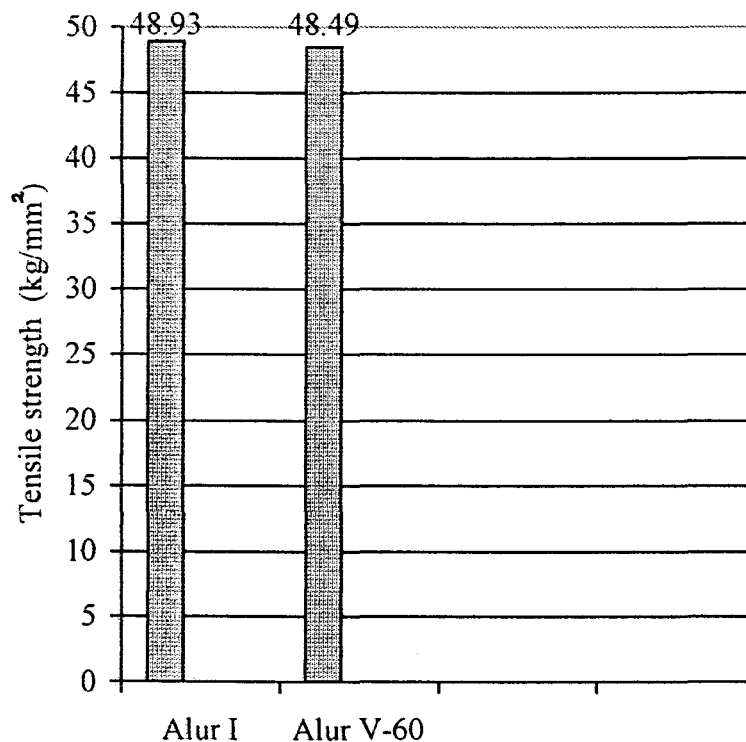
Tabel 4.2. Yield Strength

Bentuk Alur	Yield Strength (kg/mm^2)			Σ Rata-rata
	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3	
Alur I	33,76	35,74	36,32	35,27
Alur V-60	34,24	35,39	33,12	34,25

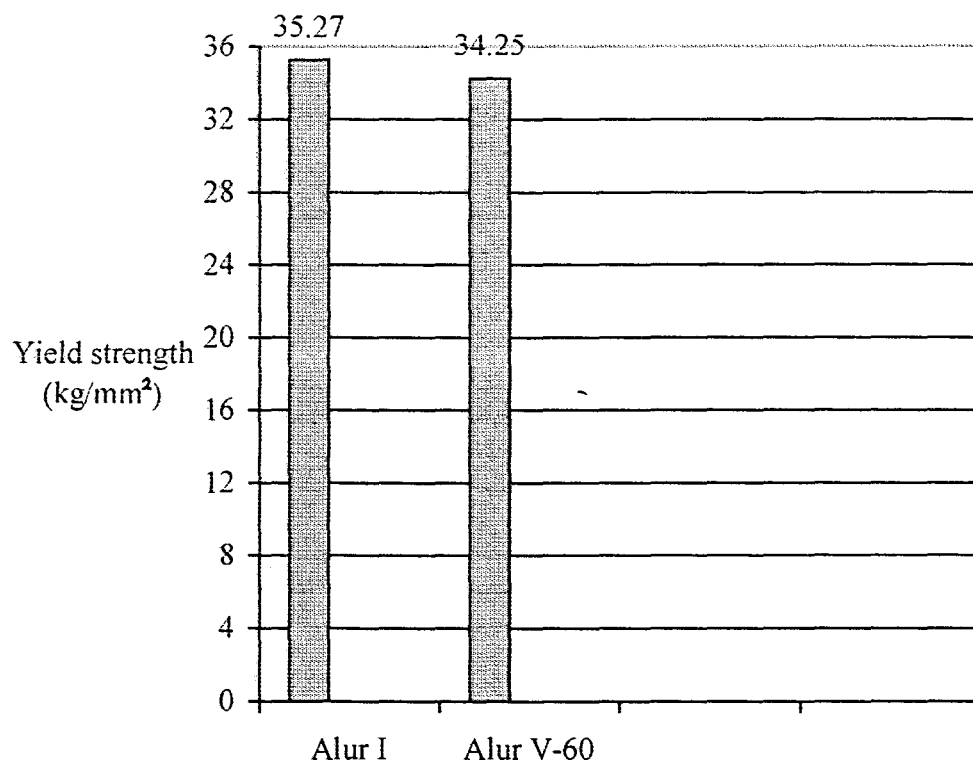
Tabel 4.3. Elongation

Bentuk Alur	Elongation (%)			Σ Rata-rata
	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3	
Alur I	30,78	28,66	30,40	29,94
Alur V-60	31,46	32,26	31,00	31,57

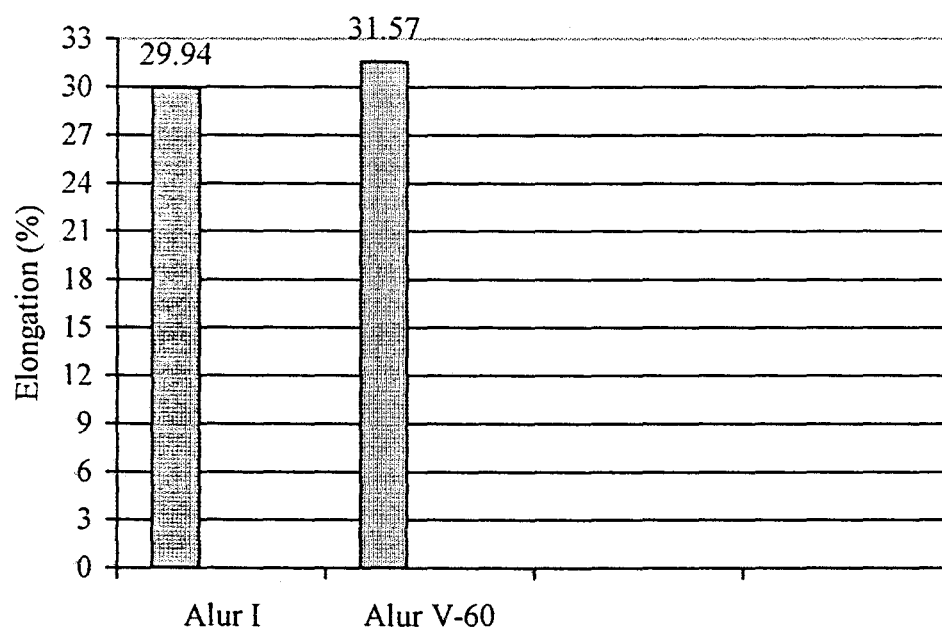
Dari data-data hasil uji tarik dibuat grafik batang untuk membandingkan antara bentuk alur I dengan bentuk alur V-60, seperti terlihat pada Gambar 4.1, 4.2, 4.3.



Gb. 4.1. Grafik perbandingan tensile strength antara bentuk alur I dengan alur V-60



Gb. 4.2. Grafik perbandingan yield strength antara bentuk alur I dan alur V-60



Gb.4.3. Grafik perbandingan elongation antara bentuk alur I dan alur V-60

4.2. Hasil Pengujian Pukul Takik (Impact)

Data sebelum pengujian :

α = sudut awal = 142^0

A_o = luas penampang

➤ A_o untuk bentuk alur I : lebar x tebal di bawah takik

- Pelat 1 : $1,01 \times 0,895 \text{ cm} = 0,9039 \text{ cm}^2$
- Pelat 2 : $1,06 \times 0,850 \text{ cm} = 0,9010 \text{ cm}^2$
- Pelat 3 : $1,03 \times 0,832 \text{ cm} = 0,8569 \text{ cm}^2$

➤ A_o untuk bentuk alur V-60 : lebar x tebal di bawah takik

- Pelat 1 : $1,01 \times 0,890 \text{ cm} = 0,8989 \text{ cm}^2$
- Pelat 2 : $1,04 \times 0,835 \text{ cm} = 0,8684 \text{ cm}^2$
- Pelat 3 : $1,01 \times 0,850 \text{ cm} = 0,8585 \text{ cm}^2$

Tabel 4.4. Hasil uji impact untuk bentuk alur I

Pelat	Luas (cm ²)	Sudut awal (α)	Sudut akhir (β)	Energi (kgm)
1	0,9039	142^0	98^0	10,84
2	0,9010	142^0	78^0	16,65
3	0,8569	142^0	90^0	13,17
			Σ Rata-rata	13,55

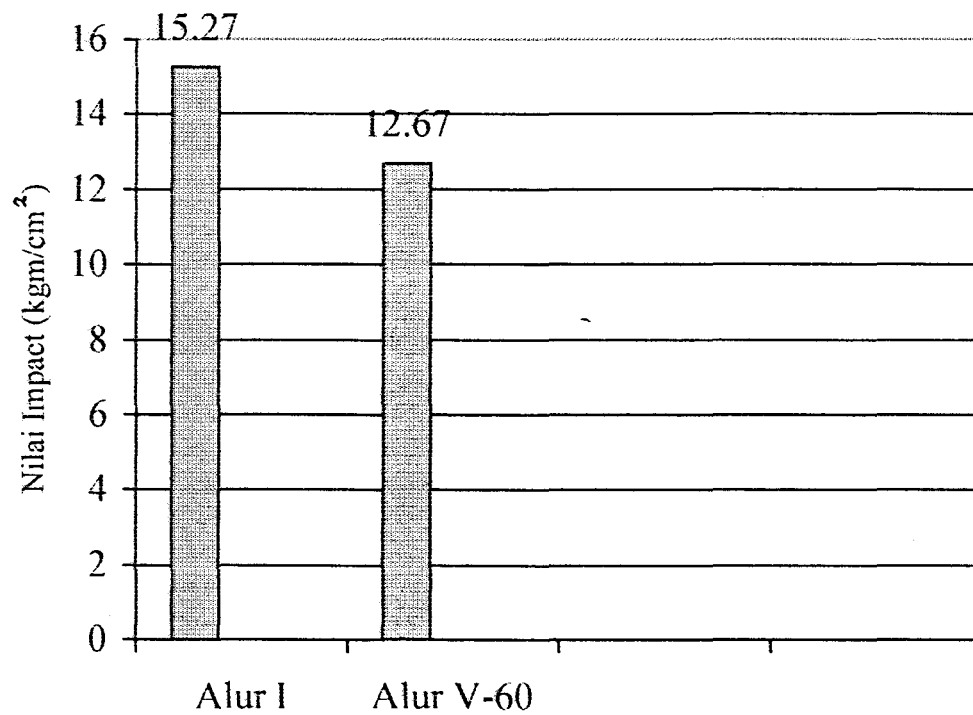
Tabel 4.5. Hasil uji impact untuk bentuk alur V-60

Pelat	Luas (cm ²)	Sudut awal (α)	Sudut akhir (β)	Energi (kgm)
1	0,8989	142 ⁰	104 ⁰	9,13
2	0,8684	142 ⁰	98 ⁰	10,56
3	0,8585	142 ⁰	89 ⁰	13,47
Σ Rata-rata				11,05

Tabel 4.6. Nilai Pukul Takik Bentuk alur I dan alur V-60

Bentuk Alur	Nilai Pukul Takik (kgm/cm ²)			
	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3	Σ Rata-rata
Alur I	11,99	18,48	15,36	15,27
Alur V-60	10,15	12,16	15,69	12,67

Dari data-data hasil pengujian impact di atas, dibuat suatu grafik batang untuk membandingkan hasil uji antara bentuk alur I dengan alur V-60. Seperti terlihat pada Gambar 4.4.



Gb. 4.4. Grafik perbandingan nilai Impact antara bentuk alur I dengan alur V-60

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang meliputi pengujian secara mekanis, yaitu uji tarik dan uji impact tersebut dibuat suatu analisa untuk mengetahui perbandingan hasil lasan antara penggunaan bentuk alur I dengan bentuk alur V-60.

5.1. Analisa Hasil Uji Tarik

Pada pengelasan pelat SS 41 ketebalan 12 mm dengan menggunakan bentuk alur I dan alur V-60 pada proses SAW, ternyata bentuk alur I menghasilkan kekuatan tarik dan juga yield strength yang sedikit lebih tinggi bila dibandingkan dengan bentuk alur V-60. Hal ini dapat dilihat dari data hasil pengujian tarik, dari data tersebut terlihat bahwa hasil lasan dengan menggunakan bentuk alur I mempunyai hasil uji tarik yang sedikit lebih tinggi.

- Hasil uji tarik untuk bentuk alur I :

- Tensile strength : 48,93 kg/mm²
- Yield strength : 35,27 kg/mm²
- Elongation : 29,94 %

- Hasil uji tarik untuk bentuk alur V-60 :

- Tensile strength : 48,49 kg/mm²
- Yield strength : 34,25 kg/mm²
- Elongation : 31,57 %

Untuk pengelasan dengan menggunakan bentuk alur I diperoleh hasil uji tarik yang sedikit lebih tinggi, hal ini disebabkan karena bentuk alur I memiliki distribusi tegangan yang merata jika dibandingkan dengan bentuk alur V-60.

5.2. Analisa Hasil Uji Impact

Dari hasil pengujian impact terhadap hasil pengelasan pada pelat SS 41 dengan ketebalan 12 mm, penggunaan bentuk alur I memiliki energi dan nilai pukul takik yang lebih besar bila dibandingkan dengan bentuk alur V-60, seperti terlihat pada data hasil pengujian.

- Hasil uji Impact untuk bentuk alur I :

- Energi : 13,55 kgm
- Nilai pukul takik : 15,27 kg/cm²

- Hasil uji Impact untuk bentuk alur V-60 :

- Energi : 11,05 kgm
- Nilai pukul takik : 12,67 kg/cm²

Untuk pengelasan dengan menggunakan bentuk alur I, diperoleh hasil uji Impact yang lebih besar di bandingkan dengan bentuk alur V-60, hal ini juga disebabkan karena bentuk alur I memiliki distribusi tegangan yang merata, sehingga memungkinkan memperoleh hasil uji yang lebih besar.

BAB VI

KESIMPULAN

Dari analisa hasil pengujian tarik dan impact pada hasil pengelasan pelat SS 41 ketebalan 12 mm menggunakan bentuk alur I dan alur V-60 dengan proses SAW didapat kesimpulan yaitu :

1. Hasil uji tarik untuk bentuk alur I :

- Tensile strength : $48,93 \text{ kg/mm}^2$
- Yield strength : $35,27 \text{ kg/mm}^2$
- Elongation : $29,94 \%$

Hasil uji tarik untuk bentuk alur V-60 :

- Tensile strength : $48,49 \text{ kg/mm}^2$
- Yield strength : $34,25 \text{ kg/mm}^2$
- Elongation : $31,57 \%$

2. Hasil uji impact untuk bentuk alur I :

- Energi : $13,55 \text{ kgm}$
- Nilai pukul takik : $15,27 \text{ kgm/cm}^2$

Hasil uji impact untuk bentuk alur V-60 :

- Energi : $11,05 \text{ kgm}$
- Nilai pukul takik : $12,67 \text{ kgm/cm}^2$

PENUTUP

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, hanya karena rahmat serta hidayahnya penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun menyadari keterbatasan pengetahuan dan pengalaman serta data-data yang penyusun perlukan, maka isi dari penulisan Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, sehingga saran dan kritik dari pembaca kami harapkan guna kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi pembaca.

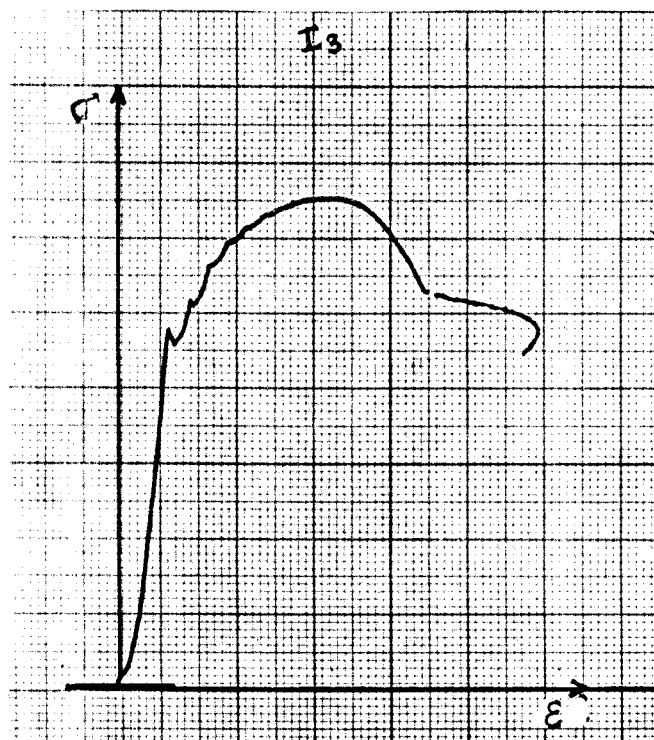
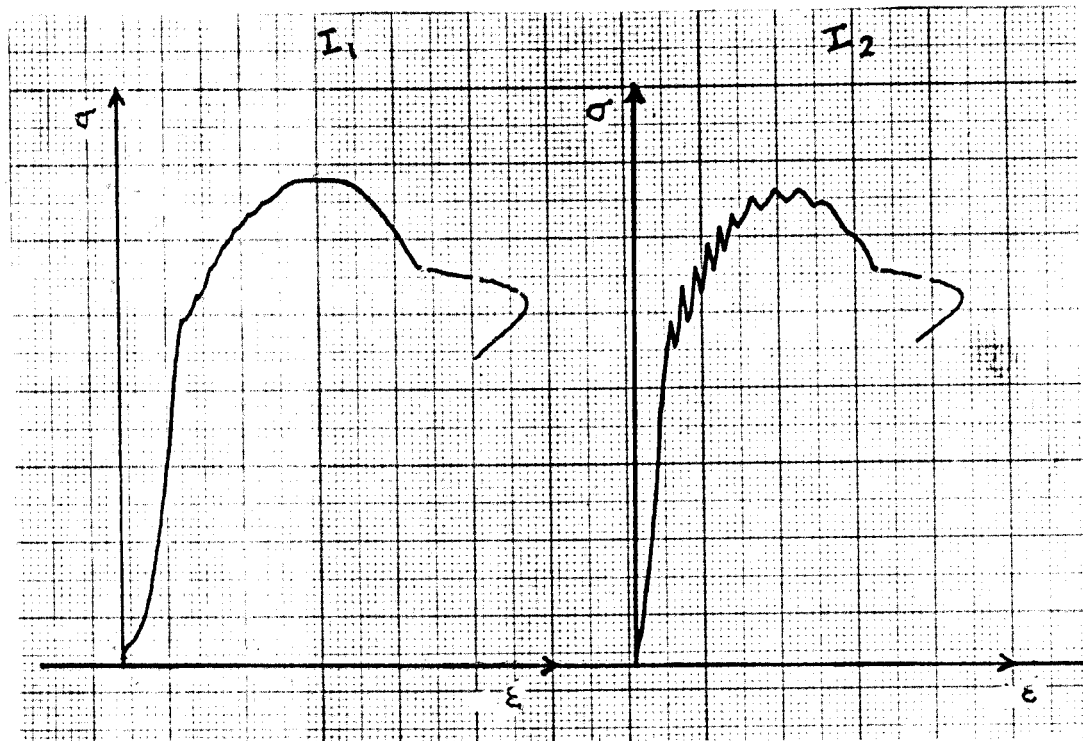
Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang ikut membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. P T Houldcroft, "Submerged Arc Welding", Published by Abington Publishing, Woodhead Publishing Ltd in association with The Welding Institute, Cambridge, England, 1977.
2. Harsono Wiryosumarto, Prof, Dr , Ir , Toshie Okumura, Prof, Dr , "Teknologi Pengelasan Logam", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1981.
3. Wahid Suherman, Ir , "Pengetahuan Bahan" , Diktat Kuliah, ITS, Surabaya. 1
4. Soewefi , Ir , M.Eng , "Teknologi Pengelasan" , Diktat Kuliah FTK Jurusan Teknik Perkapalan, ITS, Surabaya.
5. Instruction Manual For Torsee 30 kgm Metal Impacting Tester Type CI – 30, Tokyo Testing Machine MFG, Co , Ltd, Tokyo, Japan.
6. Biro Klasifikasi Indonesia, "Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships" , Volume VI : Rules for Welding, Jakarta, 1964.
7. Instruction For Torsee Universal Testing Machine Type RAT – 20, Tokyo Testing Machine MFG, Co, Ltd, Tokyo, Japan.
8. ESAB Welding Handbook, "Filler Materials and Welding Equipment for Manual and Automatic Welding".

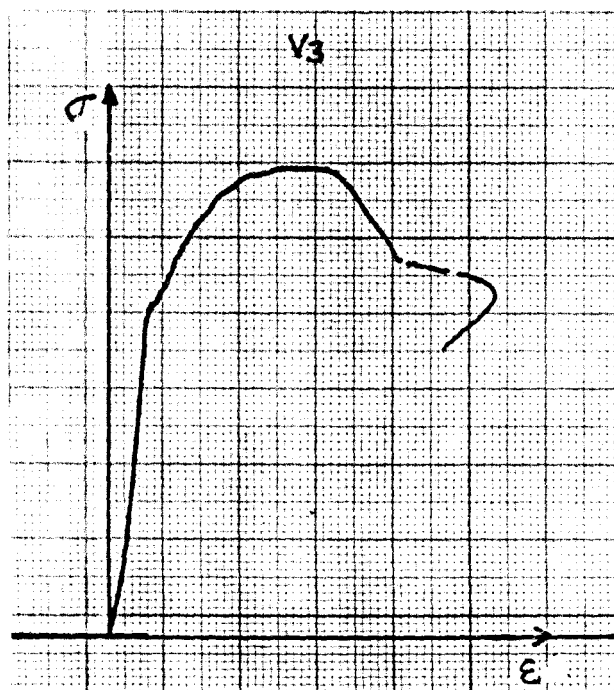
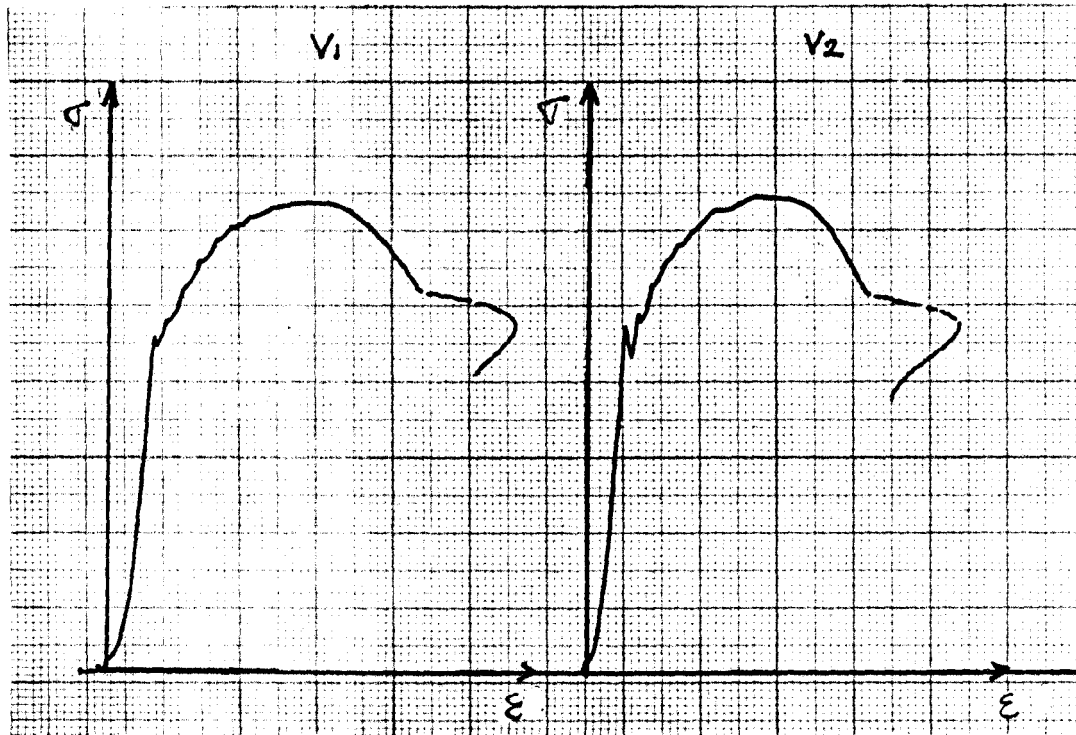
LAMPIRAN 1

Grafik Pengujian Tarik Untuk Bentuk Alur I



LAMPIRAN 2

Grafik Pengujian Tarik Untuk Bentuk Alur V-60



LAMPIRAN 3

Tabel data hasil uji tarik untuk bentuk alur I

SPESIMEN	I	II	III
LEBAR X TEBAL (mm)	23,8 x 11,5	23,4 x 11,0	23,4 x 11,2
LUAS PENAMPANG (mm ²)	273,7	257,4	262,08
GAUGE LENGTH (mm)	49,7	49,9	50
YIELD LOAD (kg)	9240	9200	9520
YIELD STRENGTH (kg/mm ²)	33,76	35,74	36,32
MAX. LOAD (kg)	12940	12826	13020
TENSILE STRENGTH (kg/mm ²)	47,28	49,83	49,68
LENGTH AFTER FRACTURE (mm)	65	64,2	65,2
ELONGATION (%)	30,78	28,66	30,4

LAMPIRAN 4

Tabel data hasil uji tarik untuk bentuk alur V-60

SPESIMEN	I	II	III
LEBAR X TEBAL (mm)	22,85 x 11,4	22,7 x 11,5	23,16 x 11,0
LUAS PENAMPANG (mm ²)	260,49	261,05	254,76
GAUGE LENGTH (mm)	49,9	49,6	50,0
YIELD LOAD (kg)	8920	9240	8440
YIELD STRENGTH (kg/mm ²)	34,24	35,39	33,12
MAX. LOAD (kg)	12500	12660	12488
TENSILE STRENGTH (kg/mm ²)	47,98	48,49	49,01
LENGTH AFTER FRACTURE (mm)	65,6	65,6	65,5
ELONGATION (%)	31,46	32,26	31,0

LAMPIRAN 5

Tabel data hasil uji Impact untuk bentuk alur I

KODE	I	II	III
LEBAR X TEBAL DIBAWAH TAKIK (cm)	1,01 x 0,895	1,06 x 0,850	1,03 x 0,832
LUAS (cm ²)	0,9039	0,9010	0,8569
SUDUT AWAL (α)	142 ⁰	142 ⁰	142 ⁰
SUDUT AKHIR (β)	98 ⁰	78 ⁰	90 ⁰
ENERGI (kgm)	10,84	16,65	13,17
NILAI PUKUL TAKIK (kgm/cm ²)	11,99	18,48	15,36

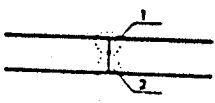
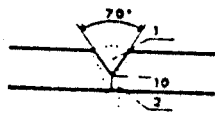
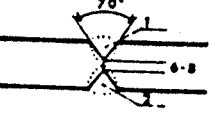
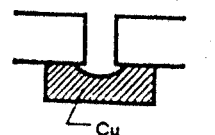
Tabel data hasil uji Impact untuk bentuk alur V-60

KODE	I	II	III
LEBAR X TEBAL DIBAWAH TAKIK (cm)	1,01 x 0,890	1,04 x 0,835	1,01 x 0,850
LUAS (cm ²)	0,8989	0,8684	0,8585
SUDUT AWAL (α)	142 ⁰	142 ⁰	142 ⁰
SUDUT AKHIR (β)	104 ⁰	98 ⁰	89 ⁰
ENERGI (kgm)	9,13	10,56	13,47
NILAI PUKUL TAKIK (kgm/cm ²)	10,15	12,16	15,69

LAMPIRAN 6


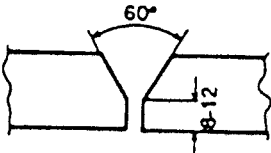
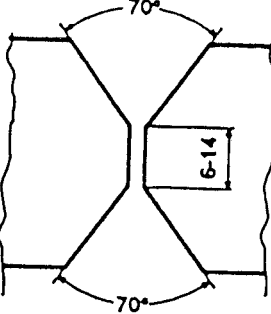
Welding Data and Joint Preparation

Table 9 Typical welding data and recommended joint preparation for submerged arc welding mild steel and carbon-manganese structural steels with OK Flux 10.40, OK Flux 10.70, OK Flux 10.71, OK Flux 10.80 and OK Flux 10.81.

Type of joint	Plate thickness mm	Wire ø mm	Run No.	Arc voltage V	Welding current A	Welding speed m/h
	6	4	1	35	300	50
			2	35	350	
	8	4	1	35	450	46
			2	35	500	
	10	4	1	35	500	42
			2	35	550	
	12	5	1	35	600	38
			2	35	700	
	14	5	1	35	650	35
			2	35	750	
	16	5	1	35	700	35
			2	36	800	
	18	6	1	36	850	30
			2	38	850	
	20	6	1	36	925	27
			2	38	850	
	18	6	1	36	700	30
			2	36	850	
	20	6	1	36	800	25
			2	36	850	
	25	6	1	36	850	20
			2	36	950	
	30	6	1	36	900	15
			2	36	1000	
	2	2	1	28	325	75
	4	2,5	1	30	450	40
	6	3	1	31	510	30
	8	3	1	32	525	26
	10	3	1	33	600	23
	12	3	1	33	625	20

LAMPIRAN 7

"T" submerged - arc butt - weld test pieces; base materials, plate thicknesses, weld shapes and wire diameter

Base material ¹⁾	Thickness of test piece t ²⁾ [mm]	Recommended weld preparation ³⁾	Maximum wire diameter [mm]
A A 32, A 36	12 - 15		5
A A 32, A 36	20 - 25		6
A,B,D A 32, A 36, D 32, D 36 A 40, D 40			
A, B, D, E A 32 to E 36 A 40, to E 40			
A 32 to F 36 A 40 to F 40			
A, B, D A 32, A 36, D 32, D 36 A 40, D 40	30 - 35		7
A, B, D, E A 32 to E 36 A 40 to E 40			
A 32 to F 36 A 40 to F 40			

LAMPIRAN 8

OK Autrod 12.10

Classification:
AWS A5.17 EL 12
DIN 8557: S 1



Copper coated mild steel wire for submerged arc welding.

Typical weld metal composition % with different fluxes

OK Autrod 12.10/OK Flux	10.40	10.61	10.62	10.70	10.71	10.80	10.81
Carbon	0.1	0.1	0.1	0.07	0.1	0.1	0.1
Silicon	0.5	0.2	0.1	0.3	0.2	0.5	0.5
Manganese	0.9	0.6	0.6	1.4	0.8	1.2	1.2

Typical mechanical properties. All weld metal specimens Combination

OK Autrod 12.10 OK Flux	Lower yield stress		Tensile strength		Charpy V impact values		
	N/mm ²	kp/mm ²	N/mm ²	kp/mm ²	J	kpm	temp °C
10.40	340	35	470	48	40	4	-20
10.61	370	38	490	50	50	5	-20
10.62	350	36	440	45	120	12	-20
10.70	440	45	540	55	100	10	-20
10.71	390	40	490	50	50	5	-20
10.80	410	42	530	54	50	5	-20
10.81	410	42	530	54	50	5	-20

Approvals

For approvals by the Classification Societies refer to the OK Flux being used or see table 3, page 17.

Packing

Diameter mm	Spool type No.	Weight of electrode kg
2.0	25	15
2.5	7*	30
2.5	17*	1000
3.0	8	30
3.0	9	15
3.0	12	10
3.0	17	1000
4.0	8	30
4.0	9	15
4.0	12	10
4.0	16	100
4.0	17*	1000
5.0	8	20
5.0	16	1000
5.0	17*	1000
6.0	8	30
6.0	9*	15
6.0	16*	100

* Not necessarily kept in stock

LAMPIRAN 9

OK Flux 10.40

Classification
AWS A5.17: E62 E112, F72 EM 12 K
DIN 8557: FMS 198 AC 8 m

ESAB

A fused manganese alloying submerged arc welding flux.
Density: 1.5 kg/litre approx.

Applications

OK Flux 10.40 is for use with OK Autrod 12.10, OK Autrod 12.20 or OK Autrod 12.40 for submerged arc welding of ordinary structural steels, pressure vessel steels and ship steels having impact requirements down to a minimum of -20°C .

Recommendations for welding

Recommended welding data for Flux 10.40 are given in tables 11 and 12 on pages 26 and 27.

Flux consumption

Flux consumption is almost directly proportional to the arc voltage.
At 30 V the consumption is about 1 kg OK Flux 10.40 per kg electrode.
At 40 V the consumption is about 2 kg OK Flux 10.40 per kg electrode.

Typical weld metal composition % combination

OK Flux 10.40/ OK Autrod	C	Si	Mn
12.10	0.1	0.5	0.9
12.20	0.1	0.5	1.2
12.22	0.1	0.5	1.2
12.40	0.1	0.4	1.6

Typical mechanical properties. All weld metal specimens. Combination

OK Flux 10.40/ OK Autrod	Yield stress		Tensile strength		Charpy V, impact values		
	N/mm ²	kp/mm ²	N/mm ²	kp/mm ²	J	kpm	temp. °C
12.10	340	35	470	48	40	4	-20
12.20/12.22	350	36	490	50	40	4	-20
12.40	440	45	570	58	40	4	+20

Approvals

Combination

OK Flux 10.40/ OK Autrod	ABS	LR	DnV	BV	GL	PRS Poland	USSR
12.10	2TM	2TM	IITM	A TM	2TM	2TM	IV HP, K III
12.20	3TM 3YTM	3TM+ 3YTM	III YTM	A 3TM A III TM	3YTM	3YTM	II, KII

Packing

OK Flux 10.40 is supplied in plastic-lined paper bags containing 25 kgs.